

RAUTATIENTASORISTEYSTEN TURVAAMINEN

- O Kirsi Pajunen**
- O Petteri Katajisto**

RAUTATIENTASORISTEYSTEN TURVAAMINEN

- o Kirsi Pajunen
- o Petteri Katajisto

RHK
RATAHALLINTOKESKUS
KAIVOKATU 6, PL 185
00101 HELSINKI

PUH. (09) 5840 5111
FAX. (09) 5840 5100
SÄHKÖPOSTI: info@rhk.fi

ISBN 952-445-061-5
ISSN 1455-2604

Kirsi Pajunen ja Petteri Katajisto: Rautatietasoristeysten turvaaminen. Ratahallintokeskus, Turvallisuusyksikkö. Helsinki 2001. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 12/2001. 60 s. ja liite. ISBN 952-445-061-5, ISSN 1455-2604.

Avainsanat rautatien tasoristeys, liikenneturvallisuus, varoituslaitteet

Tiivistelmä

Tasoristeysonnettomuudet kattavat yli puolet junaliikenteen onnettomuuksista sekä onnettomuuksissa kuolleista Suomessa ja ovat ongelma myös muualla maailmassa. Nämä onnettomuudet ovat seurauksiltaan selvästi vakavampia kuin tieliikenteen onnettomuudet keskimäärin. Onnettomuuksien välttämiseksi onkin tärkeää, että kuljettaja tietää tulevansa tasoristeykseen.

Sekä onnettomuuksien absoluuttinen että tasoristeysten lukumäärään suhteutettu määrä laski 1970-luvulta 1990-luvulle Suomessa ja muualla maailmassa. Suomessa tasoristeysonnettomuuksien määrän laskeva trendi pysähtyi 1990-luvun jälkipuoliskolla. Paras keino turvallisuuden parantamiseksi on poistaa tasoristeys kokonaan tai korvata se eritasoristeyksellä. Junan suuri nopeus (Suomessa yli 160 km/h) edellyttää tasoristeysten poistamista. Pitkällä tähtäimellä tasoristeykset muutetaan useissa maissa eritasoristeyksiksi. Puutteelliset näkemät rautateiden tasoristeyksissä ovat keskeinen syy tasoristeysonnettomuuksiin.

Ruotsissa on varsin selkeät säännöt tasoristeysten varoituslaitteiden valintaan. Kriteerit ovat melko tiukat ja niitä myös kiristetään koko ajan. Norjassa eräs hyvää tasoristeysturvallisuutta selittävä tekijä on varoituslaitteille asetetut tiukat vaatimukset. Puolipuomein varustetuissa tasoristeyksissä puomien kiertäminen on ongelma. Tieliikenteen lyhyt odotusaika ja varoituslaitteiden toiminnan luotettavuus ovat tärkeitä tieliikenteen kuljettajien käyttäytymiseen vaikuttavia tekijöitä puolipuomein varustetuissa tasoristeyksissä.

Valo- ja äänivaroituslaittein varustetuissa tasoristeyksissä odotusaika tulisi saada mahdollisimman lyhyeksi, toiminta luotettavaksi ja valojen näkyminen kuntoon kaikissa olosuhteissa. Laitteiden sijainnin optimointi on myös tärkeää, jotta kuljettajat pysähtyisivät oikeaan paikkaan ja näkyvyys olisi paras mahdollinen. Stop-merkeistä rautatien tasoristeyksissä on myönteisiä kokemuksia Suomessa ja Australiassa. Stop-merkit eivät kuitenkaan sovellu kaikkiin paikkoihin ja niiden sijainti tulisi optimoida esim. näkemien suhteen.

Tienkäyttäjille suunnatulla kampanjalla voidaan jakaa tietoa tasoristeystä lähestyvän junan nopeudesta, jarrutusmatkoista sekä kyvystä varautua yllättäviin tilanteisiin ja mahdollisesti vaikuttaa kuljettajien käyttäytymiseen tasoristeyksissä.

Kirsi Pajunen and Petteri Katajisto: Countermeasures to improve traffic safety at railway level crossings. Finnish Rail Administration, Safety Department. Helsinki 2001. Publications of Finnish Rail Administration A 12/2001. 60 pages and one enclosure. ISBN 952-445-061-5, ISSN 1455-2604.

Keywords railway level crossing, traffic safety, warning device

Abstract

In this research we described the problem of traffic safety at railway level crossings. We also listed almost one hundred different countermeasures to improve traffic safety at railway level crossings. The pros and cons of the countermeasures and their applicability to the conditions in Finland were also found out. The countermeasures were searched out from literature, interviews of experts and we also had a brain storming session. We tried to find out the reason for better traffic safety at railway level crossings in Sweden and Norway compared to that of Finland.

Over 50% of train traffic accidents in Finland occur at railway level crossings. Also over 50% of fatalities in train traffic occur at railway level crossing accidents. Improving the safety of railway level crossings is therefore an important issue when improving safety of train traffic. The crashes at railway level crossings are more severe than road traffic crashes in average. For avoiding those crashes it is important that the road user is aware that she or he is approaching the railway level crossing.

In Finland and also in other countries both the absolute numbers of crashes at railway level crossings and crashes per the number of railway level crossings were decreasing from 1970's to 1990's. In Finland the decrease slowed down during the second half of 1990's. The best way to improve safety at railway level crossings is to close the level crossing or to build a grade separated crossing. If there is high-speed traffic on the track it is required to have no level crossings. In long-term plans in many countries railway level crossings are going to be closed and grade separated crossings built instead. Too short sight distances are considered to be one of the main causes for accidents at railway level crossings.

In Sweden and Norway the safety of railway level crossings is better than in Finland. They have very clear criteria for selecting the proper warning device to different types of railway level crossings. The criteria seem to be very strict compared to the present status of warning devices in Finland and the conditions are tightened frequently.

At the railway level crossings equipped with half-barriers driving round the gates is one of the main problems. Short waiting times and the reliability of the equipment are prerequisite for proper traffic behaviour at railway level crossings with half-barriers.

At the level crossings with flashers and warning bells the waiting time should be optimised, function reliable and it would be important for the road user to be able to distinguish the light also when the sun is shining at the driver or in the dark.

Stop signs are found to have positive effect on safety at level crossings in Finland and Australia. There are also level crossings where stop signs are not a good solution. That can be for example if the gradient of the road before the level crossing is high. The placement of stop signs should be optimised for example according to sight distances from the road.

Information on the speed of the train approaching the railway level crossing, breaking distances and train's ability to prepare for hazardous situations can be given with the campaign to the road users. The campaigns can have effects on driver behaviour at railway level crossings.

Esipuhe

Ratahallintokeskuksen (RHK) VTT Yhdyskuntatekniikalta tilaama rautatietasoristeysten turvallisuutta koskeva tutkimus jakautuu kahteen osaan. Tässä osassa käsitellään rautatietasoristeysten turvallisuutta ja toimenpiteitä turvallisuuden parantamiseksi yleisellä tasolla. Tutkimuksen toisessa osassa Tasoristeysten turvallisuus Toijala – Turku rataosalla (VTT Yhdyskuntatekniikka, tutkimusraportti 539/2000) selvitetään Turun ja Toijalan välisen rataosan kaikkien tasoristeysten nykytila ja ehdotetaan toimia turvallisuuden parantamiseksi kussakin tasoristeyksessä.

Tutkimuksen ohjausryhmään kuuluivat tilaajan edustajina Kari Alppivuori, Markku Nummelin, Pentti Haapala, Kari Ojanperä, Heidi Hirvonen ja Anne Ahtiainen Ratahallintokeskuksesta. Lisäksi ohjausryhmään kuuluivat Matti Maijala Oy VR-Rata Ab:stä sekä Veli-Pekka Kallberg, Matti Anila, Petteri Katajisto, Mikko Kallio ja Kirsi Pajunen VTT Yhdyskuntatekniikasta. Tilaajan yhteyshenkilönä toimi Kari Alppivuori. VTT Yhdyskuntatekniikan yhteyshenkilönä toimi Kirsi Pajunen, joka on myös kirjoittanut raportin lukuun ottamatta osia 4 ja 6.2, jotka on kirjoittanut Petteri Katajisto.

Helsingissä, joulukuussa 2001

Ratahallintokeskus

Turvallisuusyksikkö

Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT	5
ESIPUHE.....	7
1 JOHDANTO	13
1.1 Taustaa.....	13
1.2 Tavoitteet.....	14
2 TASORISTEYSONNETTOMUUDET SUOMESSA JA MUUALLA MAAILMASSA	15
2.1 Tasoristeysonnettomuuksien synty.....	15
2.2 Onnettomuuksien määrä.....	15
2.3 Tasoristeysonnettomuuksien piirteitä ja syitä	19
3 AINEISTO JA MENETELMÄT.....	22
3.1 Kirjallisuusselvitys	22
3.2 Pohjoismainen vertailu.....	22
3.3 Säännöt ja määräykset.....	22
4 POHJOISMAINEN VERTAILU	24
4.1 Tasoristeysten turvallisuustilanne ja sen kehitys.....	24
4.2 Tasoristeysten turvallisuutta koskevat tavoitteet.....	24
4.3 Tasoristeysten varoituslaitteet	25
4.3.1 Varoituslaitteiden määrät ja tekniikka	25
4.3.2 Varoituslaitteiden valintakriteerit	28
4.4 Tien ominaisuudet	29
4.5 Muita tasoristeysten turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä.....	29
4.5.1 Työpanos tasoristeysturvallisuuteen	29
4.5.2 Kampanjat ja valvonta	30
5 TOIMENPITEITÄ TURVALLISUUDEN PARANTAMISEKSI TASORISTEYKSISSÄ.....	31
5.1 Yleistä.....	31

5.2	Varoituslaitteiden tekninen kehitys	35
5.3	Tasoristeysten määrän vähentäminen.....	36
5.3.1	Varoituslaitteet	36
5.3.2	Kokopuomit	36
5.3.3	Puolipuomi.....	38
5.3.4	Valo- ja äänivaroituslaitteet	40
5.3.5	Äänivaroituslaitteet	42
5.3.6	Telemaattiset ratkaisut	43
5.3.7	Tilustielamppu	43
5.3.8	Tasoristeysvalo	43
5.4	Tiehen kohdistuvat toimenpiteet	44
5.4.1	Tasoristeyskansi	44
5.4.2	Töyssyt ja tärinäraidat.....	44
5.4.3	Esikansi	45
5.4.4	Päällysteen laatu.....	45
5.4.5	Kunnossapidon tehostaminen	45
5.4.6	Pituuskaltevuus	45
5.4.7	Tielinjan oikaisu.....	46
5.4.8	Kevyen liikenteen ratkaisut.....	47
5.5	Merkit ja merkinnät	48
5.5.1	Stop-merkit	48
5.5.2	Nopeusrajoitusmerkit	48
5.5.3	Varoitusmerkit	49
5.5.4	Portaali	50
5.5.5	Radan merkintä	50
5.6	Säännöt ja määräykset sekä niiden noudattamisen valvonta.....	50
5.6.1	Lainsäädäntö	50
5.6.2	Sääntöjen noudattamisen valvonta.....	50
5.7	Valistaminen ja kouluttaminen.....	51
5.7.1	Valistus ja kampanjat	51
5.8	Muut toimenpiteet	51
5.8.1	Pysäytysverkko	51
5.8.2	Näkemien kuntoon saattaminen	52
5.8.3	Kuljetusten reitin suunnittelu	52

5.8.4	Junien nopeusrajoitukset.....	52
6	YHTEENVETO JA PÄÄTELMIÄ.....	53
6.1	Onnettomuudet ja rikkomukset	53
6.2	Pohjoismainen vertailu	54
6.3	Varoituslaitteet	55
6.4	Tasoristeykset ilman varoituslaitetta	56
6.5	Säännöt ja määräykset	56
	LÄHDELUETTELO	57

LIITTEET

Liite 1: Ruotsalainen varoituslaitteiden valintakaavio

1 JOHDANTO

1.1 Taustaa

Rautateiden tasoristeykset vaikuttavat häiritsevästi sekä juna- että maantieliikenteeseen ja niissä tapahtuvat onnettomuudet muodostavat suuren osan junaliikenteen henkilövahinkoihin johtaneista onnettomuuksista. Kahden eri liikennemuodon kohtaaminen samassa tasossa on yleensä ongelmallista. Lainsäädännössä junalla on tasoristeyksissä aina etuajo-oikeus. Siten vastuu onnettomuuksista on melkein poikkeuksetta tieliikenteen osapuolella kaikissa maissa. Rautateiden tasoristeyksissä tapahtuneita onnettomuuksia pidetään liikenneturvallisuusongelmana eri puolilla maailmaa.

Suomen rataverkolla oli vuodenvaihteessa 1999–2000 noin 5 200 tasoristeystä, joista Ratahallintokeskuksen rataverkolla oli 4 251 ja loput yksityisraiteilla. RHK:n rataverkon tasoristeyksistä 3 554 oli pääraiteiden tasoristeys ja 697 sivuraiteiden tasoristeys.

Junaliikenteessä vuosina 1990–1997 sattuneista onnettomuuksista 56 % tapahtui tasoristeyksissä. Vastaavana aikana 56 % junaliikenteessä kuolleista sai surmansa tasoristeysonnettomuuksissa. Tieliikenteen onnettomuuksien kannalta katsottuna ongelma ei ole suhteellisesti yhtä suuri. Henkilövahinkoihin johtaneista onnettomuuksista rautatietasoristeyksissä tapahtuneiden onnettomuuksien osuus vuonna 1999 oli 0,7 % ja tieliikenteessä kuolleista noin 2 % kuoli tasoristeysonnettomuuksissa. Tasoristeyksissä tapahtuu auton ja junan törmäysten lisäksi myös tieliikenteen keskinäisiä peräänajoja joko kiskoille juuttuneeseen, muuten pysähtyneeseen tai hitaasti ajavaan ajoneuvoon. Näistä ei kuitenkaan yleensä aiheudu vakavia henkilövahinkoja.

Tehokkain keino rautatietasoristeysten onnettomuuksien poistamiseksi tai vähentämiseksi on tasoristeysten poistaminen kokonaan ja niiden korvaaminen uudella tieyhteydellä ja/tai eritasoratkaisulla. Rautatietasoristeys on poistettu 1990-luvulla noin 50–200 kappaletta vuosittain. Vuonna 1999 poistettiin 52 tasoristeystä. Käytävissä olevilla varoilla tasoristeysten poistaminen koko rataverkolta tulee kuitenkin viemään vuosikymmeniä. Tämän vuoksi tarvitaan myös tietoa muista käytävissä olevista keinoista rautatietasoristeysten turvallisuuden parantamiseksi. Lisäksi on tarpeen selvittää poistojärjestykseen vaikuttavia tekijöitä, jotta poistosta saatava turvallisuushyöty olisi paras mahdollinen.

Tässä raportissa tasoristeyksellä tarkoitetaan rautatietasoristeystä. Jos sekaannus teiden tai katujen tasoristeyksiin on olemassa tai tarkoitettaessa nimenomaan näitä tasoristeys-

1.2 Tavoitteet

Työn tavoitteena on:

- 1) Kuvata tasoristeysten turvallisuusongelma ja sen laajuus,
- 2) selvittää mahdolliset keinot tasoristeysten turvallisuuden parantamiseksi ja arvioida niitä kriittisesti,
- 3) selvittää syitä Suomen tasoristeystonnettomuuksien suureen määrään Ruotsiin ja Norjaan verrattuna,
- 4) arvioida muulla käytössä tai suunnitteilla olevien varoituslaitteiden käyttökelpoisuutta Suomessa ja
- 5) laatia lyhyen ja pitkän tähtäimen suosituksia tasoristeysten turvallisuuden parantamiseksi Suomessa.

2 TASORISTEYSONNETTOMUUDET SUOMESSA JA MUUALLA MAAILMASSA

2.1 Tasoristeysonnettomuuksien synty

Tasoristeyksissä suurin osa onnettomuuksista on junan ja auton välisiä törmäyksiä. Onnettomuuksien lukumäärä on altistuksen ja riskin tulo. Altistusta voidaan mitata tieliikenteen ja junaliikenteen määrällä tasoristeyksessä. Tietyn tasoristeyksen onnettomuusriskiin taas vaikuttavat etenkin varoituslaitteet, näkemät tieltä radalle, tieliikenteen sekä rautatieliikenteen nopeudet, tien geometria ja kuljettajan käyttäytyminen.

Tasoristeysonnettomuudet ovat seurauksiltaan tieliikenteen keskinäisiä onnettomuuksia vakavampia. Vuonna 1999 tieliikenteessä kuoli 427 henkilöä ja poliisille raportoituja henkilövahinkoihin johtaneita onnettomuuksia oli noin 7 000. Vuonna 1999 tasoristeyksissä tapahtui 48 onnettomuutta, joissa kuoli kymmenen henkilöä.

2.2 Onnettomuuksien määrä

Rautatietasoristeyksissä tapahtuneiden onnettomuuksien määrä on laskenut Suomessa 1970-luvulta 1990-luvulle sekä absoluuttisesti että tasoristeysten määrään suhteutettuna (*taulukko 1*). Absoluuttisen määrän vähenemiseen on yhtenä syynä tasoristeysten määrän väheneminen. Tasoristeyksiä on 1990-luvulla poistettu noin 50–200 kpl vuosittain. Tasoristeysten määrään suhteutetun onnettomuusmäärän vähenemiseen oli yhtenä syynä varoituslaitteiden määrän lisääntyminen tasoristeyksissä. 1990-luvun jälkipuoliskolla onnettomuusmäärien väheneminen hidastui ja onnettomuuksien määrä tasoristeystä kohden pysyi suunnilleen ennallaan. Liikenneministeriön RHK:lle asettamana tavoitteena vuonna 1999 oli enintään 40 tasoristeysonnettomuutta. Onnettomuuksia tapahtui kuitenkin 48, joten tavoitetta ei aivan saavutettu.

Taulukko 1. Tasoristeysten ja niissä tapahtuneiden onnettomuuksien lukumäärät, niissä kuolleiden määrät, puolipuomilaitosten määrät sekä onnettomuuksien ja puolipuomilaitosten määrät sataa tasoristeystä kohden.

Päivä-määrä	Tasoris-teyksiä valtion raiteilla	Onnetto-muuksia	Kuolleita	Puomi-laitoksia	Onn./100 tasorist.	Puomilait./ 100 tasorist
31.12.1970	7 851	224	53	35	2,85	0,45
31.12.1975	7 915	166	33	113	2,10	1,43
31.12.1980	7 092	163	35	404	2,30	5,70
31.12.1985	6 300	108	27	663	1,71	10,52
1.1.1990	5 925	105	27	806	1,77	13,60
1.1.1995	4 820	50	8	831	1,04	17,24
1.1.1996	4 652	47	5	818	1,01	17,58
1.1.1997	4 470	52	13	812	1,16	18,17
1.1.1998	4 405	39	11	811	0,89	18,41
1.1.1999	4 303	48	10	820	1,12	19,06

Tiedot: Oy VR-Rata Ab, julkaisematon muistio, 21.2.2000.

Tasoristeysten turvallisuuden kansainvälistä vertailua haittaa tilastojen erilainen edustavuus eri maissa. Luvut eivät ole keskenään kovinkaan hyvin vertailukelpoisia, koska kaikkia onnettomuuksia ei saada tilastoitua ja onnettomuudessa kuolleiden määrittelmä vaihtelee maittain. Tämän lisäksi uusimmat käytettävissä olevat tiedot ovat eri maista eri vuosilta (*taulukko 2*).

Taulukon täydentäminen uudemmilla tiedoilla UIC:n (Union Internationale des Chemins de Fer) tilastoista on mahdotonta, koska taulukon ja tilaston tiedot eivät ole vertailukelpoisia. UIC:n tilastoissa tiedot ovat operaattorien tai radanpitäjien mukaan. Mukana saattaa olla joistakin maista vain yhden operaattorin tiedot vaikka operaattoreita olisi useita. Lisäksi rataverkon pituuden sijasta on tilastoitu raidekilometrien määrä. Myöskään varoituslaitteita ei ole tilastoitu UIC:ssa.

Taulukko 2. Rautatien tasoristeysten ja niissä tapahtuneiden onnettomuuksien ja kuolleiden määrät, rataverkon pituus sekä junien suurin sallittu nopeus tasoristeyksissä eri maissa (Godziejewski et al. 1999). Norjan ja Suomen tiedot on lisätty taulukkoon. Ruotsin tiedot on saatu Banverketistä, Norjan Jernbaneverketistä ja Suomen VR:ltä.

Maa	Tasoristeysten määrä	Rataverkon pituus (km)	Junien suurin sallittu nopeus tasoristeyksessä (km/h)	Onnettomuuksien määrä (määrä / vuosi)	Kuolleiden määrä (määrä / vuosi)
Japani	38000	27000	130	487/1998	130/1998
USA	260000	2600000	Ei tietoa	3508/1998	431/1998
Saksa	28000	38500	160	483/1998	99/1995
Ranska	21268	32275	160	235/1990	50/1990
Puola	18393	25166	160	176/1995	93/1995
Ruotsi	8808	9982	200	25/1999	7/1998
Iso-Britannia	9231	16532	Ei rajoitusta	36/1990	22/1990
Tsekin tasav.	8500	9413	160	249/1990	71/1990
Italia	7471	16118	200	36/1990	10/1990
Norja	5034	4006	160	12/1998	6/1998
Suomi	4303	5836	140	48/1999	10/1999

Tasoristeysonnettomuuksien määrä on ollut laskusuunnassa eri maissa. Esimerkiksi. USA:ssa tasoristeysonnettomuuksien määrä on vähentynyt vuoden 1978 13 400 onnettomuudesta 4 800 onnettomuuteen vuonna 1993 (Meeker et al, 1997).

1973–1995 USA:ssa ajoneuvo-junaonnettomuuksissa kuolleiden määrässä oli 88 % vähenemä ja loukkaantuneiden määrässä 62 % vähenemä (Bowman et al, 1998). Tähän on vaikuttanut ennen kaikkea tasoristeysten määrän väheneminen ja varoituslaittein varustettujen tasoristeysten lisääntyminen.

Ranskassa on nykyisin noin 60 % tasoristeyksistä varustettu varoituslaittein (Parant, 1999). Suomessa oli vuoden 2000 alussa noin 20 % kaikista valtion rataverkon tasoristeyksistä varustettu varoituslaittein.

Rautatien tasoristeyskiä ratakilometriä kohden oli (taulukko 3) vähiten Yhdysvalloissa ja eniten Japanissa. Onnettomuuksia tasoristeystä kohden oli vähiten Norjassa ja eniten Tšekin tasavallassa, missä oli myös eniten kuolleita tasoristeystä kohden. Norjassa pienen onnettomuusmäärään tasoristeystä kohden vaikuttaa se, että siellä kaikissa tasoristeyksissä on jonkinlainen varoituslaite. Ruotsissa oli paljon tasoristeyskiä ratakilometriä kohden mutta onnettomuuksia tasoristeystä kohden oli vähän. Kuolleita tasoristeystä kohden oli Ruotsissa vähiten taulukon maista. Ruotsissa rautatietasoristeysten turvallisuuden parantamiseen onkin kiinnitetty erityistä huomiota ja varattu resursseja hyvän turvallisuustason saavuttamiseksi. (ks. Luku 4)

Suomessa rautatien tasoristeysten määrä kilometriä kohden sekä onnettomuuksien määrä sataa tasoristeystä kohden oli hyvin lähellä taulukon maiden ja käytettävissä olleiden tietojen keskiarvoa. Kuolleiden määrä sataa tasoristeystä kohden oli vähän taulukon maiden keskiarvoa pienempi.

Taulukko 3. Tasoristeysten lukumäärä ratakilometriä kohden sekä onnettomuuksien ja kuolleiden lukumäärä sataa tasoristeystä kohden eri maissa.

Maa	Tasoristeysksiä /km	Onnettomuuksia/ 100 tasoristeystä	Kuolleita/ 100 tasoristeystä
Japani	1,41	1,28	0,34
USA	0,10	1,35	0,17
Saksa	0,73	1,73	0,35
Ranska	0,66	1,10	0,24
Puola	0,73	0,96	0,51
Ruotsi	0,88	0,28	0,08
Iso-Britannia	0,56	0,39	0,24
Tsekin tasav.	0,90	2,93	0,84
Italia	0,46	0,48	0,13
Norja	1,26	0,24	0,12
Suomi	0,74	1,12	0,23
Keskiarvo	0,77	1,08	0,30

vuonna 1999 Suomessa tapahtui 48 tasoristeysonnettomuutta, joissa kuoli kymmenen, loukkaantui vakavasti neljä ja lievästi 14 henkilöä. Tieliikenteen osallisista 67 % oli henkilöautoja, 25 % kuorma-autoja, 2 % linja-autoja, 2 % traktoreita, 2 % mopoja tai moottoripyöriä ja 2 % moottorittomia ajoneuvoja (VR, RAISU-tietokanta). Kuorma-autot olivat tasoristeysonnettomuuksissa ylliedustettuina verrattaessa niiden osuuteen yleisten teiden liikennemääristä. Yhtenä syynä tähän saattaa olla kuorma-autojen raskaus ja pituus, jolloin liikkeelle lähtö pysähdyksistä ja radan ylitys kestävät kauemmin kuin henkilöautoilla. Onnettomuusmäärä on kuitenkin hyvin pieni ja sattuma vaikuttaa ajoneuvotyyppijakaumaan.

Tasoristeysonnettomuuksista vuonna 1999 tapahtui 63 % pelkin risteysmerkein varustetuissa tasoristeyksissä (taulukko 4). Tällaisten tasoristeysten osuus kaikista rataverkon tasoristeyksistä oli noin 60 %. Puolipuomein varustettuja tasoristeysksiä oli noin 15 % kaikista tasoristeyksistä ja näissä tapahtui 21 % onnettomuuksista. Puomitkaan eivät siis ole ideaalinen ratkaisu. USA:ssa yleisten teiden (highway) tasoristeyksistä 8 % oli varustettu puomein ja näissä tapahtui 15 % onnettomuuksista (Meeker & al., 1997), joten tilanne on samantapainen kuin Suomessa. Onnettomuusmäärää selittänee osaltaan se,

että puomeja rakennetaan ensisijaisesti vilkasliikenteisiin ja esim. näkemiltään huonoihin tasoristeyksiin.

USA:ssa yli puolet tasoristeysonnettomuuksista tapahtuu varoituslaittein varustetuissa tasoristeyksissä (Meeker & al., 1997). Suomessa vastaava osuus vuonna 1999 oli 29 %. Tieliikenteen määrät ovat USA:n tasoristeyksissä selvästi suuremmat kuin suomalaisissa varoituslaittein varustetuissa tasoristeyksissä.

Taulukko 4. Suomessa vuonna 1999 tapahtuneiden tasoristeysonnettomuuksien ja koko rataverkon tasoristeysten jakautuminen varoituslaitteiden mukaan (suluissa prosentiosuus).

Tyyppi	Onnettomuuksia 1999		Tasoristeyksiä 31.12.1999	
Ei mitään merkintöjä	4	(8 %)	1127	(22 %)
Risteysmerkit	30	(63 %)	3135	(60 %)
Ääni- ja valovaroituslaitteet	4	(8 %)	139	(3 %)
Puolipuomit	10	(21 %)	806	(15 %)
Kokopuomit	–	–	3	(0 %)
Yhteensä	48	(100 %)	5210	(100 %)

Tiedot: VR (RAISU-tietokanta)

2.3 Tasoristeysonnettomuuksien piirteitä ja syitä

Suomessa liikennevahinkojen tutkijalautakuntien tutkimille tasoristeysonnettomuuksille tyypillisiä piirteitä olivat mm. tieliikenteen osallisen pieni nopeus, lyhyt toiminta-aika, ajoneuvon tietoinen hallinta törmäykseen saakka, onnettomuuden tapahtuminen yksityistiellä sekä onnettomuuden tapahtuminen tieliikenteen osallisen kotikunnan alueella. (Kulmala & Vilhonen, 1984)

Ruotsissa tasoristeysonnettomuuksien piirteet olivat osittain samantapaisia. Yliedustettuina olivat 15–19- ja 50–59-vuotiaat ja onnettomuuksia tapahtui mopoille, mutta ei polkupyörille. Onnettomuuksissa olivat tavallisesti osallisina kuljettajat, jotka eivät yleensä riko liikennesääntöjä eivätkä aja alkoholin vaikutuksen alaisena ja jotka kulkevat usein tasoristeyksestä (Vägverket, 1998).

Myös USA:ssa kuolemaan johtaneiden tasoristeysonnettomuuksien tyypilliset piirteet olivat samantapaisia tietyyppejä lukuun ottamatta. Tyypillisiä piirteitä olivat mm. tapahtuminen teillä, joiden nopeusrajoitus on 55 mailia tunnissa (88 km/h) ja jotka sijaitsivat taajamien ulkopuolella. Tieliikenteen osallisena oli useimmiten henkilöauto ja kuljettajana useimmiten 25–34-vuotias valkoihoinen mies. Alkoholi-onnettomuuksien osuus oli 26 %, eli suunnilleen sama kuin kaikissa tieliikenteen kuolemaan johtaneissa onnettomuuksissa USA:ssa. (Witte & Donohue, 2000)

Suomessa onnettomuustasoristeyksissä näkemät olivat vain harvoin ohjeiden mukaiset (Kulmala & Vilhonen, 1984). Liian lyhyitä näkemiä pidetäänkin yhtenä tärkeimmistä syistä tasoristeysonnettomuuksiin. Ruotsissa vain 4 %:ssa valo- ja äänivaroituslaittein varustetuista tasoristeyksistä oli määräysten mukaan riittävät näkemät (Vägverket, 1998). Näitä varoituslaitteita onkin saatettu asentaa turvallisuuden lisäämiseksi näkemältään huonoihin tasoristeyksiin. Kaikista tasoristeyksistä Ruotsissa yli 20 s näkemät oli noin viidenneksessä ja alle 10 s näkemät noin puolessa. (Vägverket, 1998) Täysperävaunulla varustetulla pysähdyksistä lähtevällä rekalla kuluu tasoristeyksen ylittämiseen noin 12 s tien pituuskaltevuuden ollessa kunnossa (Anila & Kallio, 2000), joten rekka ei välttämättä ehdi tasoristeyksen yli ennen junan tuloa noin puolessa Ruotsin tasoristeyksistä. Myös Suomessa on puutteita tasoristeysten näkemissä (Anila & Kallio, 2000).

Tieliikenteessä pitkän matkan näkemistä risteystä tai liittymää väistämisvelvollisesta suunnasta lähestyttäessä on esitetty ristiriitaisia tutkimustuloksia. Eräiden tulosten perusteella näkemän ollessa hyvä kauempana risteyksestä tai liittymästä, ei lähellä enää tarkisteta, onko muita ajoneuvoja tulossa päätietä (tai rataa) pitkin.

Näkemän ollessa hyvä jo kaukaa ja katselukulman pysyessä samana näyttää lähestyvä juna pysyvän paikallaan. Tämä saattaa aiheuttaa virhearviointeja kuljettajalle hänen saapuessaan tasoristeykseen ja arvioidessaan junan saapumisaikaa tasoristeykseen.

Yleensä kuljettajat hiljensivät nopeuttaan lähestyessään rautatien tasoristeystä ja nopeudet olivat pienimmillään itse tasoristeyksen kohdalla. Nopeutta hiljennettiin enemmän vartioimattomissa kuin vartioiduissa tasoristeyksissä. Enemmän nopeuttaan hiljentäneet myös käänsivät päätään enemmän. (Vägverket, 1998) Nopeuskäyttäytymistä yleisten teiden tasoristeyksissä (highway) on tutkittu USA:ssa. Sekä yksittäiset että jonossa ajavat ajoneuvot hiljensivät nopeuttaan lähestyessään tasoristeystä. Yksittäiset ajoneuvot ajoivat suuremmalla keskinopeudella tasoristeysten läpi kuin jonossa ajavat. (Moon & Coleman, 1999) Australialaisen tutkimuksen mukaan vartioimattomissa tasoristeyksissä, joissa junia kulki vain tiettyinä päivinä, lähestymisnopeudet olivat suunnilleen samat niinä päivinä, kun juna kulki ja niinä päivinä, kun se ei kulkenut. Junan saattoi nähdä 25 m päässä tasoristeyksestä. Keskimääräinen lähestymisnopeus henkilöautoilla oli 85 km/h. (Wigglesworth, 2000)

Tasoristeyksissä on ruotsalaisten tutkimusten mukaan periaatteessa neljä tapaa välttää riskejä: 1) poistaa riskin aiheuttaja, 2) rakentaa varoituslaitteet, jotka estävät onnettomuuden tapahtumisen, 3) varoittaa riskeistä ja 4) valistaa ihmisiä niin että heidän käyttäytymisensä muuttuu vähemmän riskialttiiksi. (Vägverket, 1998)

Ranskassa tienkäyttäjien yleisimpinä virheinä tasoristeyksissä pidetään puolipuumien kiertämistä, pysähtymisvelvollisuuden noudattamatta jättämistä sekä stop-merkein että valovaroituslaittein varustetuissa tasoristeyksissä, törmäyksiä puomeihin etenkin niiden laskeutuessa alas sekä liian suuria lähestymisnopeuksia (Parant, 1999). Suomessa

puomien rikkiajoja tapahtui 1990-luvun jälkipuoliskolla 96–164 kpl vuodessa. Puomien rikkiajojen määrä nousi vuodesta 1998 (109 kpl) vuoteen 1999 (164 kpl) 55:llä.

3 AINEISTO JA MENETELMÄT

3.1 Kirjallisuusselvitys

Kirjallisuusselvitykseen (pääosin luku 5) saatiin aineistoa kahden suuren kansainvälisen konferenssin rautatietasoristeyksiä käsitelleistä esitelmistä. Näistä toinen oli Japanissa lokakuussa 1999 pidetty World Congress on Railway Research. Toinen konferenssi oli Transportation Research Board:in (TRB) 72. vuosikonferenssi, joka pidettiin tammi-kuussa 2000.

Aineistoa saatiin myös englantilaisen Transport Research Laboratory:n (TRL) kirjaston keräämästä julkaisuluettelosta Current Topics in Transport, numero 138 Railway Safety (1990–1998). Siihen on kerätty julkaisuja TRL:n kirjaston maailmanlaajuisesta tietokannasta.

Lisäksi aineistoa haettiin WinSpirs tietokantahaun ja VTT:n elektronisen kirjaston hakukantojen perusteella.

3.2 Pohjoismainen vertailu

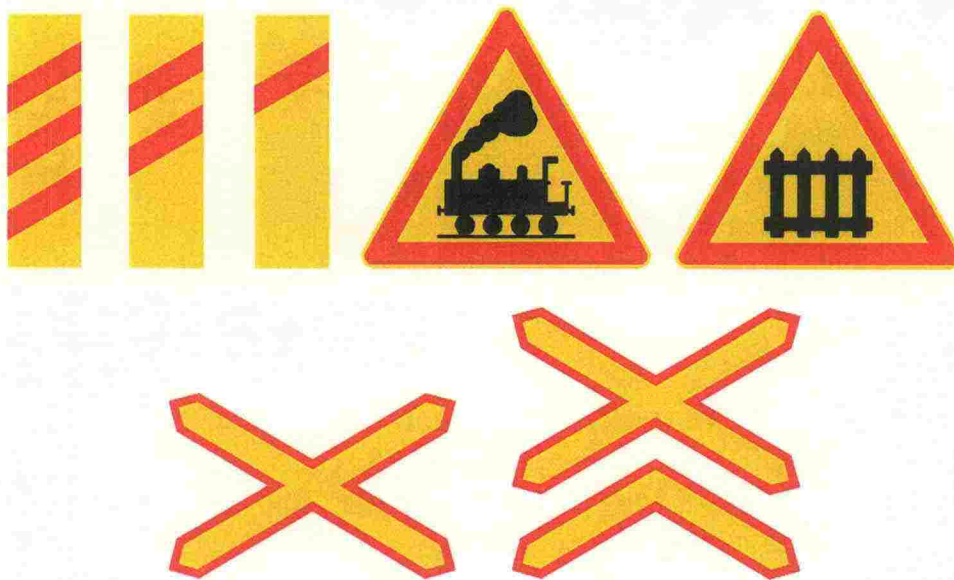
Pohjoismaista vertailua varten (luku 4) aineistona käytettiin kirjallista materiaalia sekä asiantuntijahaastatteluita. Kirjallista materiaalia saatiin Ruotsin ja Norjan tasoristeysyhteyshenkilöiltä sekä Internetistä. Kyselyjä tehtiin sähköpostitse, minkä lisäksi vierailtiin Ruotsissa Borlängessä tutustumassa ruotsalaisiin tasoristeyksiin ja keskustelemassa Banverketin Jerk Wiktorssonin kanssa, joka vastaa rautatietasoristeysten turvallisuudesta. Painopiste selvityksessä oli Ruotsissa, koska ruotsalaiset olosuhteet ovat lähempänä suomalaisia kuin norjalaiset.

3.3 Säännöt ja määräykset

Ratateknillisten määräysten ja ohjeiden (RAMO) tasoristeyksiä käsittelevät ohjeet koskevat uusia ja uudistettavia tasoristeyksiä. Jo käytössä olevien tasoristeysten parantamisessa ja kunnossapidossa ohjeita noudatetaan siinä laajuudessa kuin se paikalliset olosuhteet sekä radan ja tien liikenteellinen merkitys huomioon ottaen kohtuullisin kustannuksin on mahdollista. Tasoristeyksiä käsittelevää osaa ollaan juuri uudistamassa ja uudet määräykset astuvat voimaan vuoden 2001 alussa.

RAMO:ssa käsitellään tasoristeysten osalta näkemille, risteämiskulmalle, tien pituuskaltevuudelle, tien leveydelle, tasoristeysten etäisyydelle lähimmästä liittymästä sekä tasoristeysten merkitsemiselle asetettavia vaatimuksia. Näistä on tarkempi kuvaus tutkimuksen toisessa osassa Tasoristeysten turvallisuus Toijala–Turku-rataosalla (Anila & Kallio, 2000).

Tieliikennelaissa ja -asetuksessa sekä liikenneministeriön päätöksissä on tieliikennettä koskevia määräyksiä tasoristeyksissä ajamisesta ja niiden merkitsemisestä. Junalle on rautatietasoristeyksessä tieliikennelain mukaan annettava esteetön kulku. Kuljettajan on mahdollisista suojalaitteista huolimatta tarkkailtava, onko juna tulossa ja käytettävä sellaista nopeutta, että ajoneuvon voi tarvittaessa pysäyttää ennen rataa. Lisäksi tieliikennelaissa määritellään ohjauslaitteet (liikennemerkkit, liikennevalot ja muut liikenteen ohjauslaitteet) sekä niiden asettajat. Rautatien tasoristeysmerkin sekä liikennevalot ja sulku- ja varoituslaitteet tasoristeykseen asettaa rautatien kunnossapitäjä. Kaikki tien ja rautatien tasoristeystä koskevat liikennemerkkit määritellään varoitusmerkeiksi (*kuva 1*). Liikenneministeriön päätöksessä liikenteen ohjauslaitteista määrätään merkkien käyttöä.



Kuva 1. Rautatien tasoristeystä koskevat liikennemerkkit: rautatien tasoristeyksen lähestymismerkki, rautatien tasoristeys ilman puomeja, rautatien tasoristeys, jossa on puomit, yksiraiteisen rautatien tasoristeys ja kaksi- tai useampiraiteisen rautatien tasoristeys.

4 POHJOISMAINEN VERTAILU

4.1 Tasoristeysten turvallisuustilanne ja sen kehitys

Suomessa tapahtuu selvästi enemmän tasoristeysonnettomuuksia tasoristeystä kohden kuin Ruotsissa ja Norjassa (*taulukko 5*).

Taulukko 5. Tasoristeysten ja niissä tapahtuneiden onnettomuuksien määrä Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa.

	Suomi (1999)	Ruotsi (1999)	Norja (1998)
Tasoristeyskiä	5210	8808	5034
Onnettomuuksia	48	25	12
Onn. /100 tasor.	0,92	0,28	0,24

Tasoristeysten määrää on kaikissa Pohjoismaissa vähennetty tuntuvasti viime vuosikymmenellä. Suomessa tasoristeysten määrä valtion raiteilla on laskenut vuoden 1990 jälkeen noin 1 200:lla. Ruotsissa viime vuosikymmenellä on poistettu jopa lähes 7 000 tasoristeystä Banverketin raiteilta, ja Norjassa vähennys on ollut noin 800 tasoristeystä.

4.2 Tasoristeysten turvallisuutta koskevat tavoitteet

Ruotsissa kaikkeen liikenneturvallisuustyöhön vaikuttaa ylimpänä pitkän tähtäimen tavoitteena ns. nollavisio. Se tarkoittaa, että liikenteessä ei saisi kuolla eikä loukkaantua vakavasti ketään. Nollavisio koskee nykyisin kaikkia liikennemuotoja, ja näin ollen myöskin tasoristeysturvallisuutta. Banverketin on pystyttävä raportoimaan ja esittämään liikenneministeriölle miten nollavisio aiotaan rautateiden ja tasoristeysten osalta saavuttaa.

Lyhyemmän tähtäimen tavoitteena tasoristeysten osalta on tasoristeysonnettomuuksien määrän puolittuminen vuoteen 2007 mennessä vuoden 1996 tasosta, mikä on linjassa yleisten liikenneturvallisuustavoitteiden kanssa.

Banverket on asettanut vuodelle 2007 seuraavat osatavoitteet, joilla pyritään varmistamaan edellä mainittujen tavoitteiden saavuttaminen:

- ♦ Risteyksiin, joissa on risteysmerkki tai valo- ja äänivaroituslaitos asennetaan puomit, jos liikennevirtatulo (junien KVL * autojen KVL * suurin sallittu nopeus/100, KVL = keskivuorokausiliikenne) on suurempi kuin 800. Tasoristeyksissä, joissa on huonot näkemät tai muuten riskialtis ympäristö, asennetaan puomit tätäkin pienemmillä arvoilla.

- ♦ Kaikki kaksiraiteisilla radoilla jäljellä olevat tasoristeykset on varustettava vähintään puomeilla tai tilustielampulla.
- ♦ Turvaamattomien tasoristeysten määrä on puolitettava sulkemalla ne tai varustamalla ne varoituslaitteilla.
- ♦ Jokaisen tasoristeyksen, jossa junan suurin sallittu nopeus on yli 190 km/h, sulkemisen kustannuksista ja hyödyistä on tehtävä selvitys.

Tavoitejaksolla 1998–2007 on tarkoitus käyttää noin 900 miljoonaa kruunua (noin 600 miljoonaa markkaa) tasoristeysten turvallisuutta parantaviin toimenpiteisiin. Tästä summasta puolet on aikomus käyttää pienempiin toimiin, kuten puomien asentamiseen ja tasoristeysten sulkemisesta aiheutuviin kuluihin, ja puolet eritasoratkaisujen rakentamiseen. Eritasoratkaisut asetetaan tärkeysjärjestykseen siten, että korkeimmilla sijoilla ovat tasoristeykset, joissa on paljon nopeata junaliikennettä, joissa saadaan positiivinen nykyarvo eritason rakentamiselle, joissa tienpitäjä tai kunta ottaa suuren osan kustannuksista maksettavakseen ja ne, joissa tapahtuu paljon onnettomuuksia tai vaaratilanteita. Uudet radat rakennetaan ilman tasoristeysksiä.

Norjassa Jernbaneverketin tasoristeysonnettomuuksia koskeva tavoite on ilmaistu lyhyesti vain tavoitteena vähentää tasoristeysonnettomuuksia. Tavoitteena on myös vähentää tasoristeysten määrä "minimiin" vuoteen 2007 mennessä. Norjassa on parhaillaan käynnissä valtakunnallisen liikennesuunnitelman (Nasjonal transportplan 2002–2011) laadinta. Tässä suunnitelmassa tultaneen ottamaan nollavisio myös Norjan pitkän tähtäimen liikenneturvallisuusvisioksi. Tämä vaikuttanee luonnollisesti myös tasoristeysturvallisuuden tavoitteisiin.

4.3 Tasoristeysten varoituslaitteet

4.3.1 Varoituslaitteiden määrät ja tekniikka

Tasoristeysten erilaisten varoituslaitteiden osuuksissa on eroja Suomen, Ruotsin ja Norjan välillä (*taulukko 6*). Suomessa kokopuomein varustettuja tasoristeysksiä on vain muutama. Muissa Pohjoismaissa kokopuomeja käytetään selvästi enemmän. Puolipuomein varustettujen tasoristeysten osuus on Suomessa suurempi kuin Ruotsissa ja Norjassa, mihin vaikuttaa mm. kokopuomien vähäisyys.

Valo- ja äänivaroituslaitoksella varustettujen tasoristeysten osuus on Suomessa pienempi kuin Ruotsissa, mutta suurempi kuin Norjassa.

Taulukko 6. Eri varoituslaitetyyppien määrät ja osuudet Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa (tilanne 1.1.2000).

Varoituslaite	Suomi		Ruotsi		Norja	
Kokopuomi	3	(0 %)	1126	(13 %)	128	(2 %)
Puolipuomi	806	(15 %)	1004	(11 %)	265	(5 %)
Valo- ja äänivaroituslaitos	139	(3 %)	653	(7 %)	44	(1 %) ¹
Risteysmerkki	3135	(60 %)	578	(7 %)	–	–
Risteys- ja Stop-merkki	–	–	381	(4 %)	–	–
Tilustielamppu	–	–	102	(1 %)	106	(2 %)
Valvomaton portti	–	–			4415	(88 %)
"Karsina"	–	–			76	(2 %)
Ei varoituslaitteita	1127	(22 %)	4964	(56 %)	–	–
Yhteensä	5210		8808		5034	

Ruotsissakin on otettu käyttöön Norjassa jo pitempään käytetty tilustielamppu (ägo-vägslampa). Kyseessä on valkoinen lamppu, joka palaa jatkuvasti, kun junaa ei tule, ja sammuu, kun juna tulee. Tämä ei ole Ruotsissa virallinen varoituslaite, eikä sitä ole laissa määriteltä. Kussakin tapauksessa maanomistajan eli tasoristeyksen käyttäjän kanssa tehdään asiasta erillinen sopimus, jossa maanomistaja sitoutuu noudattamaan sääntöjä. Asukkaille jaetaan käyttöohjeet laitteeseen ja tasoristeykseen tulee kyltti, jossa lukee, miten tasoristeyksessä toimitaan. Tämä ratkaisu voidaan ottaa käyttöön vain, kun radan molemmilla puolilla on sama maanomistaja eikä tasoristeyksellä ole satunnaisia käyttäjiä, jotka eivät tiedä varoituslaitteen toimintaperiaatetta.

Ruotsissa junille on erityinen varoitusvalo, jos lähellä edessä on puomitasoristeys, jota ei voi veturista mutkan takaa nähdä. Valo vilkkuu, kun puomit ovat ylhäällä, ja palaa jatkuvasti, kun puomit ovat alhaalla ja tasoristeykseen voi mennä. Kaikissa puomilaitteissa on vikailmaisimet. Vian sattuessa junan suurin sallittu nopeus on 40 km/h. Rataosilla, joilla ei ole automaattista kulunvalvontaa on puomitasoristeyksissä liikennevalot myös junille. 70 puomiristeyksessä on läsnäoloilmaisimet, jotka havaitsevat risteykseen jääneen ajoneuvon. Läsnäoloilmaisimia käytetään mm. silloin kun tien geometria on sellainen, että esim. rekka voi tukkia tasoristeyksen. Samoissa tasoristeyksissä on varoituslaitteissa myös junatyyppin tunnistin. Nopeille junille (yli 160 km/h) on erilainen puomin alastuloaika kuin muille junille.

Uusi ratkaisu, jota Ruotsissa ollaan ottamassa juuri käyttöön, on sinivalkoiseksi maalattu portaali tien ylle. Siitä on tulossa virallinen liikennemerkki lähiaikoina. Tarkoitus on herättää tienkäyttäjän huomio porttivaikutelmalla (Key-hole effect). Portaali myös lisää kuljettajan kokemaa subjektiivista riskiä. Sähköradoilla on jo nyt kaikissa tasoris-

¹ Norjan 44:stä valo- ja äänivaroituslaitoksesta 11 on manuaalisia

teyksissä keltainen varoituskyltti, joka varoittaa jännitteisistä ajolangoista tasoristeyksen yläpuolella. Tälläkin saattaa olla samankaltaisia vaikutuksia.

Ruotsissa tasoristeyksissä, joissa on vähän autoliikennettä, käytetään joskus lukittua porttia, johon asukkailla on avain. Tasoristeyksen lähellä on pysäköintipaikka, johon auton voi jättää ja jatkaa jalkaisin tasoristeyksen yli. Näitä tasoristeyksiä on noin 100 kpl.

Norjassa ei ole lainkaan tasoristeyksiä, joissa ei ole varoituslaitteita. Yksinkertaisin varoituslaite on valvoton portti (ubevoktet grind).

Sekä Suomessa, Ruotsissa että Norjassa näyttää valo- ja äänivaroituslaittein varustetuissa tasoristeyksissä tapahtuvan eniten onnettomuuksia suhteessa tasoristeysten määrään (taulukko 7). Niissä sattuneiden onnettomuuksien suhteellinen osuus on kaikissa maissa vähintään noin neljä kertaa suurempi kuin niiden suhteellinen osuus tasoristeyksistä. Valo- ja äänivaroituslaittein varustetuissa tasoristeyksissä on kuitenkin ilmeisesti enemmän tieliikennettä kuin pelkin risteysmerkein tai ilman niitä olevissa tasoristeyksissä.

Taulukko 7. Eri varoituslaitteiden osuudet sekä tasoristeysonnettomuudet varoituslaitteittain.

Varoituslaite	Suomi (luvut vuosilta 88-97)		Ruotsi (luvut vuosilta 96-98)		Norja (luvut vuosilta 95-98) ²	
	Osuus tasorist. (%)	Osuus onnett. (%)	Osuus tasorist. (%)	Osuus onnett. (%)	Osuus tasorist. (%)	Osuus onnett. (%)
Kokopuomi	0	0	12	9	3	12
Puolipuomi	13	14	10	22	5	21
Valo- ja ääni-varoituslaite	2	9	8	31	1	6
Risteysmerkki	54	64	11	24	-	-
Ei varoituslaitteita	31	12	59	15	-	-

Suomessa puolipuomilaitteiden osuus ja niissä tapahtuneiden onnettomuuksien osuus on suunnilleen sama. Ruotsissa onnettomuuksien osuus on yli kaksinkertainen verrattuna puolipuomilaitteiden osuuteen, ja Norjassa nelinkertainen. Nämä luvut ovat tosin melko lyhyeltä ajanjaksolta.

Tilastojen perusteella näyttää siltä, että ilman varoituslaitteita ja risteysmerkkejä olevat tasoristeykset ovat suhteellisesti turvattomampia Suomessa kuin Ruotsissa. Niiden

² Norjan prosenttien summa ei ole sata, koska taulukkoon ei ole otettu kaikkia Norjassa käytettäviä varoituslaiteratkaisuja, joita ei ole käytössä muissa maissa.

osuus onnettomuuksista on molemmissa maissa lähes sama, mutta niiden osuus kaikista tasoristeyksistä on Suomessa selvästi pienempi kuin Ruotsissa.

4.3.2 Varoituslaitteiden valintakriteerit

Ruotsissa tasoristeyksiä ei sallita lainkaan, jos junan suurin sallittu nopeus on yli 200 km/h. Siellä, missä tasoristeykset sallitaan, käytetään varoituslaitteiden valinnassa erityistä valintakaaviota, joka on liitteenä 1. Kaaviota sovelletaan aina uusia tasoristeyksiä rakennettaessa radoilla, joilla on päivittäistä henkilöliikennettä tai tavaraliikennettä, jonka suurin sallittu nopeus on yli 80 km/h. Olemassa olevia tasoristeyksiä pyritään saamaan kaavion vaatimusten mukaisiksi siltä osin, kuin ne eivät sitä jo ole. Kaavion antama varoituslaiteratkaisu on vaadittava minimitaso. Harkinnassa on otettava aina huomioon myös paikalliset olosuhteet ja kaavion antamaa tulosta vaativamman varoituslaitteen käyttö voi olla perusteltua.

Kaavion käytössä oleellinen tieto on liikennevirtatulo (trafikflödesprodukt). Muita tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa varoituslaittevalintaan kaaviossa ovat:

- ♦ junien suurin sallittu nopeus (sth),
- ♦ mahdollisuus, että ajoneuvot tukkivat tien tasoristeyksen kohdalla (blockerande vägfordon),
- ♦ vaarallisen jalankulku- tai pyöräliikenteen esiintymismahdollisuus (esim. koulun läheisyys, jonka vuoksi lapsia liikkeellä yms.),
- ♦ raiteiden lukumäärä,
- ♦ näkemä 5 m etäisyydellä kiskosta (närsikt),
- ♦ näkemä 50 m etäisyydellä tasoristeyksestä (fjärrsikt),
- ♦ viljelystie tai yksityistie, joka on vain yhden talon käytössä (lokal väg),
- ♦ tiellä vain satunnaista liikennettä,
- ♦ hitaiden ajoneuvojen (traktorit, metsä- ja maatalouskoneet) osuus merkittävästi suurempi kuin vastaavilla teillä keskimäärin,
- ♦ sellaisten ajoneuvojen, joiden onnettomuudesta voi aiheutua vakavia seurauksia, kuten VAK-ajoneuvot, koulubussit ym. osuus merkittävästi suurempi kuin vastaavilla teillä keskimäärin ,
- ♦ häiriöaltis liikenneympäristö (olosuhteet ovat sellaiset, että ajoneuvon kuljettajan huomio kiinnittyy muuhun kuin varoituslaitteisiin tai lähestyvään junaan tien geometriasta, liittymästä, muusta liikenteestä, mainoskylteistä ym. johtuen) ja

♦ tien leveys.

Ruotsalaista valintakaaviota kokeiltiin Toijala–Turku-rataosan tasoristeyksiin. (Anila & Kallio, 2000) Pääsääntöisesti ruotsalaisen valintakaavion antama minimivaatimus tämän rataosan kohdalla näyttäisi olevan vähintään se, mikä on nykytilanne. Monesti kaavion mukainen minimivaatimus on vaativampi, kuin mitä nykytilanteen varoituslaiteratkaisu Toijala–Turku-radalla on. Kaikki tasoristeykset Ruotsissakaan eivät ole kaavion mukaisia. Valintakaavio ei sisällä eritasoa tai tasoristeyksen poistoa mahdollisena ratkaisuna. Risteysmerkki on kaaviossa yhtenä vaihtoehtona, eli sitä ei aina käytetä. Ilman risteysmerkkiä olevissa tasoristeyksissä on kuitenkin ilmeisesti erittäin vähän autoliikennettä, eikä niitä pidetä Ruotsissa turvallisuusongelmana.

Norjassa tasoristeyksiä koskevat määräykset eivät salli tasoristeyksiä lainkaan kaksiraiteisilla radoilla eikä rataosilla, joilla junien suurin sallittu nopeus on yli 160 km/h. Rataosilla, joilla junien suurin sallittu nopeus on yli 130 km/h ovat automaattiset puomit tai puolipuomit pakollisia tasoristeyksissä. Yleisten teiden tasoristeyksissä vaaditaan puomilaitteet.

Norjassa yksinkertaisin "varoitustaite" on valvottoman portin tasoristeyksessä. Pelkin risteysmerkein varustettuja tai ilman minkäänlaista varoitustaitea olevia tasoristeyksiä ei siis ole.

4.4 Tien ominaisuudet

Ruotsissa tasoristeyksen ylittävälle tielle ei ole asetettu erityisiä nopeusrajoituksia. Täärinäratoja tai töyssyjä ei myöskään käytetä lukuun ottamatta muutamia 90 km/h -teitä (enintään 5 tasoristeystä). Norjassa joissakin vilkkaissa tasoristeyksissä käytetään täärinäratoja.

Ruotsissa suurimmassa osassa tasoristeyksiä nopeusrajoitus tiellä on 50 km/h. Noin 200 tasoristeyksessä rajoitus on 70 km/h ja muutama tasoristeys on myös 90 km/h -teillä.

Sekä Ruotsissa että Norjassa tie on tienpitäjän vastuulla, ja tieviranomaiset asettavat sitä koskevat vaatimukset ja päättävät nopeusrajoituksista. Ainakin Ruotsissa Banverketin tavoitteena kuitenkin on, että tasoristeyksissä olisi odotustasanne vähintään yhdelle autolle.

4.5 Muita tasoristeysten turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä

4.5.1 Työpanos tasoristeysturvallisuuteen

Ruotsissa päätyönään tasoristeysasioiden parissa työskenteleviä henkilöitä on jokaisessa "rautatiepiirissä" (region). Piireissä työskentelee mm. henkilöitä, joiden tehtävänä on

neuvotella maanomistajien ja tasoristeysten käyttäjien kanssa ja saada heidät hyväksymään tasoristeysten sulkeminen korvausta vastaan. Tällainen työ on aloitettu myös Suomessa.

Yleensä tasoristeysten sulkemisessa otetaan Ruotsissa käsittelyyn kerralla useampia tietyllä rataosalla sijaitsevia risteyskohtia. Ihmisten on helpompi hyväksyä tasoristeystensä sulkeminen silloin, kun heidän ei tarvitse tuntea olevansa ainoita, jotka joutuvat luopumaan tasoristeystestään.

4.5.2 Kampanjat ja valvonta

Ruotsissa tasoristeysaiheisia kampanjoita ei järjestetä. Noin kymmenen vuotta sitten tehtiin "Tåget kommer" -niminen opetusvideo, jota näytettiin mm. autokouluissa. Norjassa kampanjoita järjestetään ajoittain.

Ruotsissa tasoristeyskohtiin ei kohdisteta erityistä poliisivalvontaa. Tasoristeys-onnettomuudet edustavat niin pientä osaa kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien kokonaismäärästä, ettei poliisi pidä tarkoituksenmukaisena osoittaa erityisiä resursseja tasoristeysten valvontaan. Norjassakaan ei erityisvalvontaa ole tällä hetkellä, mutta asiasta on tekeillä selvitys. Erityisoloina poliisi voi kyllä järjestää tehostettua valvontaa tasoristeyskohtissa.

5 TOIMENPITEITÄ TURVALLISUUDEN PARANTAMISEKSI TASORISTEYKSISSÄ

5.1 Yleistä

Rautatietasoristeysten turvallisuutta parantavia keinoja haettaessa on tärkeää, että tiellä liikkujalla tietää riittävän ajoissa lähestyvänsä tasoristeystä ja että hänellä on mahdollisuus varmistaa junan tai muun kiskoliikenteen ajoneuvon tulo (Parant, 1999, Kulmala & Vilhonen 1984). Tämän vuoksi tieliikenteen lähestymisnopeudet tulisi saada niin pieniksi, että kuljettajilla on aikaa reagoida mahdolliseen junan tuloon (Parant, 1999).

Tasoristeysten turvallisuuden parantamistoimenpiteitä on kartoitettu kirjallisuuden, keskustelujen ja ideariihen avulla sekä selvitetty niiden soveltuvuusalueita (*taulukko 8*). Taulukon toimenpiteitä käsitellään tarkemmin luvuissa 5.3–5.9.

Taulukko 8. Toimenpiteitä tasoristeysten turvallisuuden parantamiseksi.

Toimenpide 1	Toimenpide 2	Soveltuvuus
Tasoristeyksen poisto		Tasoristeys ei käytössä
Korvaaminen tieyhteydellä		Hiljainen yksityistie tai nopea junaliikenne
Tasoristeysten yhdistäminen		Hiljainen yksityistie tai nopea junaliikenne
Tasoristeyksen osittainen poisto (jää kevyen liikenteen yhteys)		Korvaava yhteys kauempana, kevyttä liikennettä
Kokopuomit		Kevyt liikenne
	Periksi antavat materiaalit	Kaikki puomit
	Vikadiagnostiikka	Automaattiset puomit
	Väistötila autoille	Kokopuomit
Kaksipuoleiset puolipuomit		Paljon tieliikennettä
Puolipuomit		Paljon tieliikennettä
	Puomien pidentäminen	Kaikki puolipuomit
	Periksi antavat materiaalit	Kaikki puomit
	Heijastavat materiaalit	Kaikki puomit
	Verkot puolipuomeihin	Puolipuomit
	Vikadiagnostiikka	Automaattipuomit
	Esteiden automaattitunnistus	Tieto junaan, uutta tekniikkaa käytössä
	Ajoitus junan nopeuden mukaan	Uutta tekniikkaa käytössä
	Valo myös puomiin	Automaattiset puomit
	Sijainnin optimointi	Kaikki puomit
	Keskiaita tielle	Ainakin 2 kaistaa ajosuunnassa
	Odotusajaksi muuta toimintaa	Uutta tekniikkaa käytössä
	Ilmaisin junan tulosuunnasta	Uutta tekniikkaa käytössä
Valo- ja äänivaroituslaitteet		Kohtalaisesti tieliikennettä
	Sijainnin optimointi	Kaikki varoituslaitteet
	Stroboskooppivalot	Valo & ääni tai puolipuomit
	Ledit	Varoituslaitteiden näkyvyys huono
	Vikadiagnostiikka	Uutta tekniikkaa käytössä
	Ajoituksen optimointi	Uutta tekniikkaa käytössä
	Ajoitus junan nopeuden mukaan	Uutta tekniikkaa käytössä
	Ennakkovaroitusvalot	Tasoristeys vaikea havaita
	Odotusajaksi muuta toimintaa	Uutta tekniikkaa käytössä
	Ilmaisin junan tulosuunnasta	Uutta tekniikkaa käytössä
Äänivaroituslaitteet	Suuntaus tien suuntaiseksi	Taajamat
Tilustielamppu		Tie vie vain yhteen taloon
Tasoristeysvalo		Yksityisteiden tasoristeykset

Toimenpide 1	Toimenpide 2	Soveltuvuus
Tien oikaiseminen		Jotkut yksityistiet, selvitettävä erikseen
Tien pituuskaltevuus kuntoon		Yksityisteiden tasoristeykset
Odotustasanteiden kunnostus		Yksityisteiden tasoristeykset
	Pituuskaltevuus	Yksityisteiden tasoristeykset
	Odotustasanteiden pituus	Kaikki tasoristeykset
Ritilämäinen esikansi		Soratiet, tasoristeys vaikea havaita
Töyssyt tielle		Pinnoitettu tie, tasoristeys vaikea havaita
Kansien materiaali sopivaksi		Kaikki tasoristeykset
Päällystys juuri ennen tasoristeystä ja sen jälkeen		Soratiet, kohtalaisesti liikennettä
Näkemien kuntoon saattaminen		Näkemiltään puutteelliset tasoristeykset
	Kasvillisuuden raivaaminen	Jos kasvillisuus estää näkemää
	Rakennusjätteiden poisto	Jos jätteitä
	Rakennusten poisto	Jos rakennuksia, jotka mahdollista purkaa tai siirtää
	Kiipeilyesteet kuntoon	Jos näkemäestään
	Näkemäalueiden paalutus maastoon	Kaikki tasoristeykset
Kunnossapidon tehostaminen		Kaikki tasoristeykset
	Kesällä kuopat pois	Yksityisteiden tasoristeykset
	Talvella aurauksen ajoitus	Yleisten teiden tasoristeykset
	Hiekkaa laatikoihin	Jos pituuskaltevuus suuri
	Kansien kunto	Jos huonossa kunnossa
Kevytliikenne mutkitellen yli		Kevytliikenteen tasoristeykset
Tasoristeyksen ajoittainen sulkeminen		Yksityistiet, vähän tieliikennettä
Kielletään yhdistelmillä ajo tasoristeykseen		Ei riittävää näkemää tai tien pituuskaltevuus liian suuri
Lukolliset puomit tasoristeykseen		Vain yksi tai muutama käyttäjä tasoristeyksellä
Soittamalla lupa mennä tasoristeykseen		Yksityistie, vähän liikennettä
Varoitusmerkit ennen tasoristeystä		Kaikki tasoristeykset
	Paikan tarkistus	Kaikki tasoristeykset
	Oikeellisuuden tarkistus	Kaikki tasoristeykset
	Lisäkilpi tien ja radan välisestä kulmasta	Jos kulma on vino
	Heijastavat materiaalit	Kaikki tasoristeykset

Toimenpide 1	Toimenpide 2	Soveltuvuus
Stop-merkit ennen tasoristeystä		Selvitettävä erikseen
	Sijainnin optimointi	Stop-merkein varustetut
Nopeusrajoitusmerkit ennen tasoristeystä		Kaikki tasoristeykset
Portaali ennen tasoristeystä		Vartioimattomat tasorist.
Liikennepeili tasoristeykseen		Selvitettävä erikseen
ATU:n merkintä tasoristeykseen		Vartioimattomat tasorist.
Kiskojen maalaaminen tasoristeyksen molemmin puolin		Vartioimattomat tasoristeykset
Yleisen hälytysnumeron kautta nopea varoitus veturiin		Kaikki tasoristeykset
Tieliikennelainsäädäntö		Kaikki tasoristeykset
Valistus ja kampanjat		Tasoristeykset yleensä
Varoituslaitteiden noudattamisen valvonta		Varoituslaittein varustetut tasoristeykset
Kunnon valvonta		Kaikki tasoristeykset
Määräysten tarkistaminen		Kaikki tasoristeykset
Veturien valoheitin palamaan, kun nopeus yli 35 km/h		Kaikki tasoristeykset
Junien nopeusrajoitukset		Tilapäinen toimenpide
Verkko tien yli		Ei sovellu (kallis)
Tärinäraidat tielle		Ei sovellu (kuluvat)
Meluavat päällysteet		Ei sovellu (kuluvat)
Tie nousee pystyyn ennen tasoristeystä (venäläinen systeemi)		Ei sovellu (ei tietoa toimivuudesta)
Ennakkovaroitus huonosta näkemästä		Ei sovellu (ei todettu hyötyä)
Vaihtuvat nopeusrajoitukset		Ei sovellu (kallis)
Varoitus auton sisälle		Ei sovellu (tulevaisuudessa mahdollinen)
Kuljetusten reitin suunnittelu		Kunnossa

5.2 Varoituslaitteiden tekninen kehitys

Rautatie- ja tieliikenteen tekniikan kehittyessä on mahdollista ottaa käyttöön uusia keinoja tasoristeysten turvallisuuden parantamiseksi. Uuden tekniikan avulla voidaan mm. tiedottaa junan tulosta tasoristeykseen tarkemmin tienkäyttäjille, saada varoituslaitteiden ajoitus junan nopeuden mukaan säädettyä ja saada juniin tietoa mahdollisista esteistä tasoristeyksissä.

EU-maihin on tulossa liikenteenohjauksessa käyttöön ERTMS (European Rail Traffic Management System) ja sen osana ETCS (European Train Control System). Tässä järjestelmässä varoitusajaksi saadaan yhteyteen junan todelliseen nopeuteen, jolloin tienkäyttäjän odotusaika tasoristeyksessä lyhenee. (Godziejewski et al. 1999) USA:laisen tutkimuksen mukaan kuljettajat olettavat junan tulevan 20 sekunnin kuluessa punaisen valon syttymisestä. Valovaroituslaitteella luottamus junan tuloon alkoi kadota 40 sekunnin odotuksen jälkeen ja puomilla 60 sekunnin odotuksen jälkeen. (Abraham et al, 1998) Tulossa on todennäköisesti myös uusia optisia menetelmiä varoituslaitteiden aktivointiin tasoristeyksissä. (Godziejewski et al., 1999)

Japanin uusi liikenteenohjausjärjestelmä on nimeltään CARAT (Computer and Radio aided Train Control System). Järjestelmässä junien sijainti ja nopeus tiedetään joka hetki. Junassa oleva laitteistossa on valvontakäyrä junan pysäyttämisen mahdollistamiseksi ennen tasoristeystä sekä ohjaa tasoristeyksen varoituslaitteita (valot, puomit). Kun varoituslaitteet toimivat valvonta vapautetaan. Järjestelmä mahdollistaa vaihtuvat varoitussajat tasoristeyksissä. Varoitussajan keskiarvo on uudella järjestelmällä noin 35 s, perinteisillä järjestelmillä 35 - 120 s. (Godziejewski et al., 1999)

USA:n uusi ohjausjärjestelmä on nimeltään PTS/ITS (Positive Train Separation / Intelligent Transport System). PTS:ssä liikenteenohjaus perustuu satelliittipaikannukseen (GPS). Älykäs tasoristeysohjainlaite ei ainoastaan kontrolloi puomeja ja lähetä tilannetietoja liikenteenohjauskeskukseen vaan toimii myös rajapintana tienkäyttäjille kehitellyn älykkään tieliikenteen ohjausjärjestelmän, ITS:n kanssa. Myös muissa maissa yhteyttä ITS:ään pidetään tärkeänä (esim. Japani). (Godziejewski et al. 1999)

Läsnäoloilmaisimia on tasoristeyksissä käytössä paljon Japanissa ja Euroopassa (etenkin Saksassa). Ilmaisimet tarkistavat, onko tasoristeys vapaa ennen puomien alas laskemista, sen aikana ja puomien ollessa alhaalla. Japanissa tienkäyttäjällä on mahdollisuus tehdä hälytys rautatieyhtiölle ongelmatapauksissa. Ilmaisimet mahdollistavat riittävän ajoissa tehdyt jarrutukset esteen ollessa tasoristeyksessä. (Godziejewski et al., 1999)

Italian valtion rautateillä on kokeiltu kolmea erilaista älykästä esteentunnistusilmaisinta tasoristeyksissä. Ilmaisinten vaatimuksena on, että esteet tulee havaita ovatpa ne mitä materiaalia hyvänsä ja olipa keli mikä hyvänsä. Lisäksi asentamisen tulee olla helppoa ja laitteiston täytyy olla ilkeivallalta suojattu. Mahdollinen vika laitteistossa ei saa aiheuttaa vaaratilanteita ja laitteiston tulee olla varustettu vikojen diagnostiikkajärjestelmäl-

lä. Kokeillut tunnistimet perustuivat mikroaaltoantureihin, videokameroihin ja mikroaaltotutkaan. Kokeiltujen tulokset ovat lupaavia. Järjestelmien toiminnassa ei ole tois-
taiseksi havaittu suuria ongelmia. Kokeiluja kuitenkin jatketaan vielä toiminnan selvit-
tämiseksi talviolosuhteissa. (Costa et al., 1999)

5.3 Tasoristeysten määrän vähentäminen

Paras turvallisuuden parantamiskeino on poistaa tasoristeys kokonaan tai korvata se eritasoristeyksellä. Tällöin eliminoidaan junan ja tieliikenteen väliset törmäykset, jotka ovat yleensä seurauksiltaan vakavia.

Tasoristeys voidaan poistaa kokonaan, jos siihen ei vie tietä, se ei ole käytössä ja asiasta saadaan sovittua maan omistajan kanssa. Tasoristeys voidaan myös korvata eritasoristeyksellä. Eritasoristeuksen paikka voi olla eri kuin tasoristeuksen, jolloin tarvitaan korvaava tieyhteys. Useita tasoristeyspaikkoja voidaan yhdistää, jolloin myös tarvitaan korvaava tieyhteyttä. Useissa maissa on tehty priorisointia eritasoristeysten rakentamiseksi paikkoihin, joissa niistä saatava hyöty on suurin. Tällöin turvallisuuden parantumisen lisäksi otetaan huomioon mm. kustannukset ja ympäristötekijät.

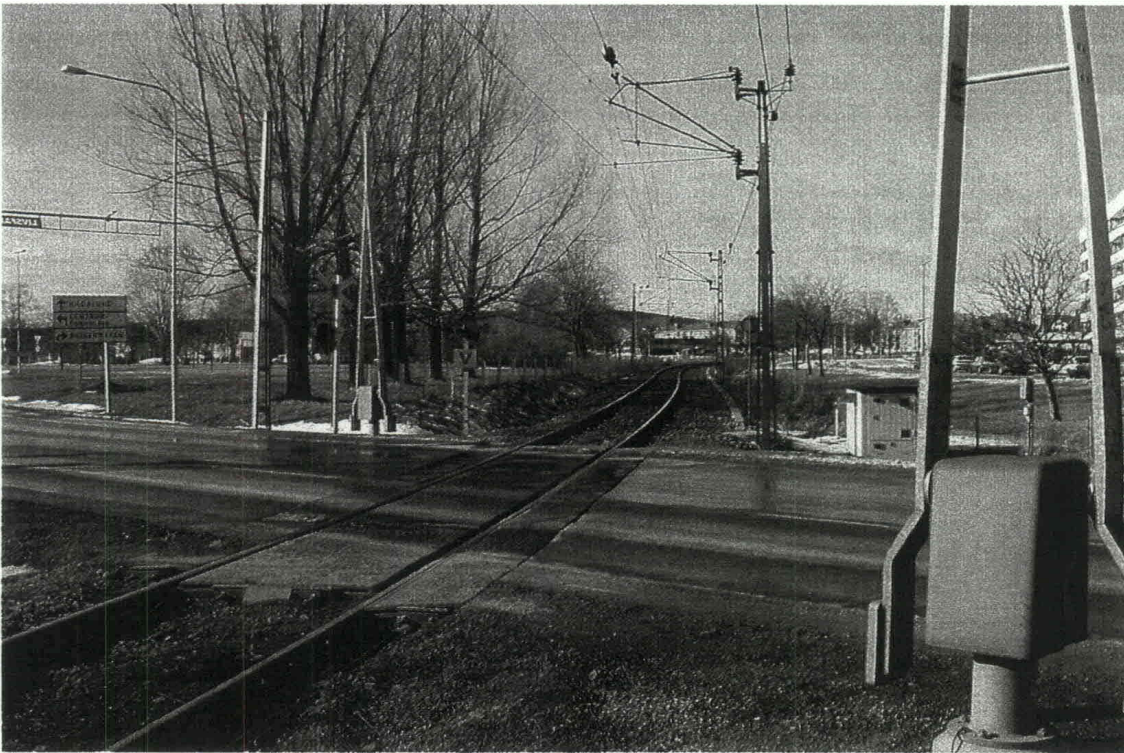
Jos raideliikenteen maksiminopeus on tarpeeksi suuri, Suomessa yli 140 km/h (laituripoluilla voi olla poikkeustapauksissa 160 km/h) ja Euroopassa yleensä yli 160 km/h, edellytetään tasoristeysten poistamista. Pitkällä tähtäimellä tasoristeykset pyritään muuttamaan eritasoristeyksiksi. Muutostyö on kuitenkin kallista ja vie aikaa, joten tulevien muutaman vuosikymmenen ajaksi tarvitaan halvempia, mutta mahdollisimman tehokkaita turvallisuuden parantamiskeinoja. Tasoristeuksen muuttaminen eritasoristeykseksi maksaa useita miljoonia markkoja.

Tasoristeys voidaan myös poistaa moottoriajoneuvoliikenteen käytöstä. Tällöin kevyelle liikenteelle jää mahdollisuus kulkea tasoristeyksestä. Ajoneuvoliikenteelle tulee olla korvaava reitti.

5.3.1 Varoituslaitteet

5.3.2 Kokopuomit

Kokopuomi ylettyy koko tien tai kevyen liikenteen väylän yli (kuva 2). Tarkoituksena on estää tieliikenteen osapuolten ja junien samanaikainen tulo tasoristeykseen. Jalankulkijat saattavat kiirehtiessään kuitenkin kulkea puomien ali. Heidän kulkuaan ei kokopuomein voi estää.



Kuva 2. Kokopuomein varustettu tasoristeys Ruotsissa.

Etuna puolipuomiin verrattuna on tasoristeyksen parempi sulkeminen. Autot eivät voi kiertää puomeja niiden ollessa alhaalla.

Haittana on järjestelmän kalleus sekä ansamahdollisuus. Tienkäyttäjä saattaa jäädä tasoristeykseen puomien väliin. Puomien materiaalin tulee olla sellainen, että autolla voidaan ajaa puomit rikki. Haittapuolena on myös mahdollisen vikatilanteen sattuessa vian pitkä kesto, koska tietoa siitä ei saada yleensä kovinkaan nopeasti. Kokopuomia käytettäessä tasoristeyksessä tulisikin olla diagnostiikkajärjestelmä varoituslaitehäiriöistä, jolloin tieto mahdollisesta viasta saadaan mahdollisimman nopeasti ja vian kesto mahdollisimman lyhyeksi. Ongelmana on myös pidetty hälytysajoneuvojen kulun estämisestä, jos varoitusaika on pitkä (Meeker & al, 1997).

Turvallisuusvaikutukset ovatkin ajoneuvojen kohdalla hyvät edellyttäen, että puomit ovat periksi antavaa materiaalia. Ruotsalaisten tutkimusten mukaan onnettomuusaste oli pienin puomein varustetuissa tasoristeyksissä. Valo- ja äänivaroituslaittein varustetuissa tasoristeyksissä riski oli noin kymmenkertainen. (Vägverket, 1998)

USA:ssa kokopuomin sijasta voidaan käyttää ”kaksipuolista” puolipuomia (four-quadrant gate). Molemmista lähestymissuunnista tien molemmin puolin laskeutuu puomi, joka peittää puolet ajoradasta (Abraham et al, 1998). Näin kulku radalle ajoneuvolla estyy täysin kuten kokopuomein varustetussa tasoristeyksessä. Etuna yhteen kokopuomiin verrattuna on kevyempi laitteisto (kokopuomi tarvitsee raskaan vastapainon) ja

mahdollisuus sulkea tien eri ajosuuntien hieman eri aikaan. Ratkaisu on yleisesti käytössä myös useissa Keski-Euroopan maissa.

5.3.3 Puolipuumi

Puolipuomin (ylettyy jonkin verran yli tien keskiviivan) yhteydessä käytetään valo- ja äänivaroituslaitetta, joka varoittaa puomin laskeutumisesta ja junan tulosta (kuva 3). Tarkoituksena on estää ajoneuvojen pääsy radalle junan tullessa tasoristeykseen.



Kuva 3. Puolipuomein varustettu tasoristeys.

Kuten kokopuomien kohdallakin myös puolipuomien materiaalin tulisi olla läpiajon mahdollistavaa ja tasoristeyksessä tulisi olla diagnostiikkajärjestelmä varoituslaitehäiriöistä. Esteiden automaattitunnistus vaaratilanteiden ja törmäysten välttämiseksi sekä vian keston minimoimiseksi on myös mahdollista lisätä tasoristeykseen, kun radalla otetaan käyttöön siihen vaadittavaa tekniikkaa.

Suurimpana ongelmana puolipuomein varustetuissa tasoristeyksissä on puomien kiertäminen ja rikki ajaminen. USA:ssa tehdyn tutkimuksen mukaan 38 % ajoneuvoista, joilla oli mahdollisuus valita (jonojen ensimmäiset tai vapaat ajoneuvot), ylitti tasoristeyksen vaikka puomit olivat alhaalla. Valo- ja äänivaroituslaittein varustetuissa tasoristeyksissä vastaava prosenttiosuus oli 67 %. Puomeja kierretäessä ei pysähtytty eikä hiljennetty. Aikaväli junan ja auton välillä oli puolipuomeilla 7–242 sekuntia ja valo- ja

äänivaroituslaitoksin varustetussa tasoristeyksessä 10–80 sekuntia (mediaani puolipuomeilla 27 sekuntia ja valo- ja äänivaroituksella 30 sekuntia). Odotusaika oli 2–45 sekuntia puolipuomeilla varustetuissa tasoristeyksissä ja 1–60 sekuntia valo- ja äänivaroituslaittein varustetuissa tasoristeyksissä (mediaani 20 sekuntia ja 15 sekuntia). Puomien lisäämisen jälkeen junan edestä ylittäneiden määrä väheni selvästi (noin puoleen). Parannusehdotuksia olivat puomien pidentäminen, kokopuomien asentaminen, kuljettajien koulutus ja valistus sekä lainsäädännön kehittäminen. (Meeker & al., 1997)

Puolipuomien kiertäminen on ongelma paitsi moottoriajoneuvoliikenteen myös kevyen liikenteen kohdalla. Ruotsalaisen tutkimuksen mukaan vain 20–25 % jalankulkijoista ja pyöräilijöistä noudattaa punaista valoa ennen puomin alastuloa, 3–5 % kulkee puomin ali, ja 17 % jalankulkijoista sekä 65 % pyöräilijöistä lähtee liikkeelle ennen kuin punainen valo on sammunut (Vägverket, 1998).

Puomien kiertäminen saattaa olla myös paikasta ja etenkin ohjauksen ajoituksesta riippuva ongelma. Riittävän lyhyet odotusajat ennen junan tuloa vähentävät puomien kiertämistä ja niiden rikki ajamista. Samoin järjestelmän luotettavuus vaikuttaa puomien kiertämiseen. Jos junaa ei joskus tulekaan varoituksesta huolimatta, voi puomien kiertäminen lisääntyä.

Kiertämisen vähentämiseksi puolipuomiin voitaisiin liittää joustava jatkopala. Tällöin puomi näyttää pitkältä (muistuttaa kokopuomia) ja estovaikutus on suuri. Ajoneuvon törmätessä puomiin se antaa kuitenkin periksi eikä estä ajoa pois tasoristeyksestä. Puomiin voidaan myös kiinnittää verkko, jolloin se ala-asennossa näyttää aidalta. Tämä parantaa havaittavuutta ja mahdollistaa kuitenkin poistumisen tasoristeyksestä vaikka puomit olisivat ala-asennossa.

Puomien kiertämisen estämiseksi tien keskelle voidaan rakentaa eri ajosuuntia erottava aita, joka puomin lisäksi estää pääsyn radalle rikkomatta laitteita. Aidan tulee olla tarpeeksi pitkä, noin 40 m, jotta ajoneuvot eivät kiertäisi aita. Radan lähellä tulisi olla väistötila, jonne väärälle puolelle jostakin syystä joutunut ajoneuvo voisi väistää vastaan tulevaa. Myös tien tulee olla riittävän leveä ajosuuntien erottelemiseksi. Aitaa suositellaan USA:ssa teille, joilla on enemmän kuin kaksi ajokaistaa. Keskiaita hankaloittaa talvikunnossapitoa.

Puomien parasta mahdollista sijaintia tulisi selvittää. Puomit voitaisiin siirtää kauemaksi kiskoista ja varata ajoneuvoille kiskojen lähelle turva-alue, jonne ne voivat väistää jäädessään jostain syystä puomien väliin. Optimaalinen sijainti on eri tasoristeyksissä erilainen. Tiettyä metrimäärää kiskoista ei aina kannattane soveltaa. Oikea sijainti on tärkeä rikkomuksia vähentävä tekijä (Abraham et al, 1998).

Ongelmana tietyissä puolipuomein varustetussa tasoristeyksessä on vastavaloon ajaminen. Tällöin varoituslaitteen valoja ei nähdä hyvin. Ongelmaa voidaan pienentää lisäämällä punainen valo myös itse puomiin ja käyttämällä heijastavia materiaaleja. (Vägverket, 1998)

USA:ssa on tutkittu, millaiset tasoristeykset sopivat parhaiten automaattisesti ohjatuin varoituslaittein varustetuiksi (puolipuomit + valo- ja äänivaroituslaitteet). Saavutetun turvallisuushyödyn tuli olla mahdollisimman suuri. Valinnan perusteeksi etsittiin tekijöitä, jotka vaikuttavat rikkomusten määrään. Rikkomusten määrän oletettiin korreloivan onnettomuusmäärän kanssa. Merkitseviksi muuttujiksi saatiin junan nopeus, raiteiden lukumäärä, varoituksen kesto aika, näkemät ja tien kaistojen lukumäärä. Menetelmän todettiin kuitenkin vielä tarvitsevan lisävalidointia. Punaisen valon vilkkuessa ja puomien laskeutuessa 34 % kuljettajista, joilla oli mahdollisuus ajaa vielä tasoristeykseen (ei muita autoja edellä jonottamassa) myös teki sen. Varoituslaitteiden toiminta näytti olleen epävarmaa. Havaintoja tehtiin 19 tasoristeyksessä 1008:sta puomien laskeutumisesta. Näistä 120 oli vääriä hälytyksiä eli junaa ei tullutkaan. (Carlson & Fitzpatrick, 1999) Varoituslaitteiden luotettavaa toimintaa pidetäänkin edellytyksenä varoituslaitteiden noudattamiselle. (Abraham et al, 1998)

USA:ssa asennettaessa risteysmerkein varustettuihin yleisten teiden (highway) tasoristeyksiin puomit sekä valo- ja äänivaroituslaitteet onnettomuudet vähenivät 69 % ja valo- ja äänivaroituslaittein varustettuihin tasoristeyksiin puomit onnettomuudet vähenivät 45 %. (Hauer & Persaud, 1997) Jugoslaviassa laadittiin todennäköisyyslaskentaan ja kuljettajien tekemiin virheisiin perustuva malli liikenneturvallisuuden mittaamiseksi tasoristeyksissä. Malli vaatii vielä kehittelyä, mutta vain valo- ja äänivalovaroituslaittein varustettu tasoristeys on sen mukaan melkein kaksi kertaa niin vaarallinen kuin puolipuomein sekä valo- ja äänivaroituslaittein varustettu rautatien tasoristeys. (Markovic et al., 1999) Siirryttäessä valo- ja äänivaroituslaitteilla varustetuista tasoristeyksistä puomein sekä ääni- ja valovaroituslaittein varustettuihin tasoristeyksiin onnettomuusmäärä vähenee merkittävästi. Riski joutua onnettomuuteen ääni- ja valovaroituslaitteilla varustetussa risteyksessä on noin kymmenkertainen puolipuomiin verrattuna. (Meeker & al., 1997) Ruotsalaisten tutkimusten perusteella valo- ja äänivaroituslaittein varustetut tasoristeykset suositeltiin muutettavaksi puomein varustetuiksi tasoristeyksiksi. (Vägverket, 1998)

5.3.4 Valo- ja äänivaroituslaitteet

Valo- ja äänivaroituslaitteet asennetaan tasoristeykseen varoittamaan tieliikennettä junan tulosta. Valkoisen vilkkuvan valon palaessa tieliikenteen osapuoli saa ylittää tasoristeyksen varovaisuutta noudattaen. Punaisen vilkkuvan valon palaessa on tieliikenteen kulku tasoristeyksestä kielletty. Punaisen valon palaessa myös äänivaroituslaite varoittaa saapuvasta junasta.

Ongelmana valo- ja äänivaroituslaittein varustetuissa tasoristeyksissä on punaista valoa päin ajaminen. Kuitenkin hollantilaisen tutkimuksen mukaan punaista valoa noudatettiin paremmin rautatien tasoristeyksissä kuin katujen tai teiden valo-ohjatuissa risteyksissä. Kuljettajat olivat valmiimpia kovaan jarrutukseen (yli 3 m/s^2) ja pysähtyivät vaikka ai-

kaa pysähtymiseen oli vain kaksi sekuntia (kaduilla kolme tai neljä sekuntia rajana pysähtymiselle). (Tenkink & Van der Horst, 1990)

Punaista päin ajamiselle tasoristeyksessä on monia selityksiä. Punaista päin voidaan ajaa vahingossa, jolloin kuljettaja ei huomaa lainkaan varoituslaitteita. Tätä voidaan ehkäistä parantamalla valojen näkyvyyttä esim. käyttämällä stroboskooppihalojen tai LED-halojen tavallisten hehkulamppujen sijaan.

Kuljettaja saattaa ajaa vasten ”tuoreita” punaisia, jolloin hän olettaa ehtivänsä vielä viime tipassa ennen junaa tasoristeyksen yli. Kuljettaja saattaa myös kyllästyä odottamaan junan tuloa vaikka punainen valo vilkkuu ja ylittää radan tästä huolimatta. Myös valo- ja äänivaroituslaitteiden varustetuissa tasoristeyksissä olisi hyvä olla diagnostiikkajärjestelmä varoituslaitteen häiriöistä, jolloin vikatilanteiden kesto saadaan mahdollisimman lyhyeksi. Lisäksi valojen oikeaa ajoitusta pidetään tärkeänä valojen noudattamista lisäävänä tekijänä (Tenkink & Van der Horst, 1990). Tieliikenteen odotusaikojen lyhentämiseksi ja punaista päin ajamisen vähentämiseksi valovaroituslaitteet on mahdollista ajoittaa lähestyvän junan nopeuden mukaan. Tämä vaatii kuitenkin tasoristeystä lähestyvien junien nopeuden tunnistamisen.

Ajon salliva valkoinen vilkkuva valo on toisaalta muuhun tieliikenteeseen verrattuna epälooginen. Yleensä tieliikenteessä vilkkuva valo tarkoittaa vaaraa. Hollantilaisessa tutkimuksessa havaittiinkin epäröintiä valo- ja ääniohjattuun tasoristeukseen tultaessa (jarruttelua, päin kääntämistä puolelta toiselle). Tämä saattaa aiheuttaa peräänajoja tieliikenteessä. Epävarmuutta voitaisiin mahdollisesti vähentää keltaisella vaiheella valoisissa. (Tenkink & Van der Horst, 1990) Saksassa valkoiset valot poistetaan tasoristeuksista vuoden 2003 loppuun mennessä. Ajo sallittaessa ei pala mitään valoa, jolloin kuljettajien oletetaan lähestyvän tasoristeystä varovaisemmin kuin valkoisen valon palaessa. Opastimissa ovat käytössä keltainen ja punainen valo, jotka eivät vilku. Analogia liikennevaloihin tieliikenteen tasoristeyksissä on myös tärkeää. Ajon kieltävän punaisen valon tulee sijaita ylempänä kuin ajon sallivan valkoisen valon, kuten Suomessa onkin. Valkoinen valo saatetaan myös rinnastaa vihreään valoon ja tasoristeystä ei lähestytä riittävää varovaisuutta noudattaen.

Kuljettaja olettaa valojen vaihtuvan valkovilkulle heti ensimmäisen junan mentyä. Tällöin hän saattaa ylittää tasoristeyksen punaisen palaessa vaikka vastakkaissuunnasta olisi tulossa toinen juna. Hollannissa noin 10 % ja USA:ssa noin 20 % auton ja junan törmäyksistä tapahtuu ensimmäisen junan jälkeen toisesta suunnasta tulleen junan kanssa. Hollannissa ehdotettiin, että tasoristeykseen merkitään (esim. valo) näkyviin tieto myös toisesta suunnasta lähestyvistä junista tai valojen ajoitusta muutetaan siten, että ne muuttuvat valkoisiksi heti junan mentyä. Tällöin kuljettaja tietäisi, ettei toista junaa ole tulossa. Tällä hetkellä junan mentyä Hollannissa on käytössä 3–5 sekunnin viive. (Tenkink & Van der Horst, 1990) Suomessa tällaista ongelmaa ei ole, sillä valot vaihtuvat valkovilkulle heti junan poistuttua tasoristeyksestä.

Ruotsissa tehdyn kokeilun mukaan ennen tasoristeystä sijaitsevat keltaiset ennakkovaroitusvalot, jotka aktivoituivat junan lähestyessä, alensivat ajoneuvojen lähestymisnopeuksia. Ero mediaaninopeuksissa oli 12 km/h 235 m ennen tasoristeystä. (Vägverket, 1998) Ennakkovaroitusvalot soveltuvat erityisesti tasoristeysksiin, joiden havaitseminen tieltä hyvissä ajoin ennen tasoristeystä on vaikeaa tai mahdotonta.

Valo- ja äänivaroituslaitteiden sijainti tulisi optimoida. Ihanteellinen sijainti voi olla erilainen eri tasoristeyksissä. Kuljettajilla on taipumus olla noudattamatta pysäytysviivaa valo- ja äänivaroituslaittein varustetuissa rautateiden tasoristeyksissä. Kuljettajat pysähtyivät valopylvään eikä pysäytysviivan kohdalle. (Tenkink & Van der Horst, 1990).

Eräiden ruotsalaisten tutkimusten mukaan ainoa tehokas mahdollisuus parantaa valo- ja äänivaroituslaittein varustettujen tasoristeysten turvallisuutta on varustaa ne puoli-puomein. Tätä lähdettiin toteuttamaan vilkkaimmin liikennöidyissä valo- ja äänivaroituslaittein varustelluissa tasoristeyksissä. (Vägverket, 1998)

USA:ssa siirryttäessä risteysmerkistä valo- ja äänivaroituslaitteisiin yleisten teiden (highway) tasoristeyksessä onnettomuudet vähenivät 51 % (Hauer & Persaud, 1987). Jugoslavian mallin perusteella saatujen tulosten mukaan risteysmerkit ovat 5,6 kertaa vaarallisemmat kuin valo- ja äänivaroituslaitos. (Markovic et al., 1999) Ruotsalaisten tutkimusten mukaan risteysmerkein varustetuissa tasoristeyksissä onnettomuusaste on noin nelinkertainen valo- ja äänivaroituslaittein varustettuihin tasoristeysksiin verrattuna. (Vägverket, 1998)

5.3.5 Äänivaroituslaitteet

Äänivaroituslaitteet voivat sijaita joko tasoristeyksessä tai veturissa. Tarkoituksena on varoittaa tieliikennettä junan tulosta. Tasoristeyksessä sijaitsevien äänivaroituslaitteiden etuna on häiritsevän melun väheneminen taajama-alueilla sijaitsevista tasoristeyksistä. Äänivaroitus voidaan suunnata tien suuntaiseksi, jolloin lähistön asukkaat eivät häiriydy. USA:ssa kokeiltiin tasoristeyksessä sijaitsevaa äänivaroituslaitetta. Tasoristeuksen lähellä asuvia henkilöitä haastateltiin laitteen asentamisen jälkeen (veturit eivät enää antaneet äänimerkkiä tasoristeuksen lähellä). 87 % haastatelluista katsoi melun vähentämisen vaikuttaneen positiivisesti elämän laatuun. Myös tasoristeykseen pysähtyneitä kuljettajia haastateltiin. 40 kuljettajaa 51:stä piti tasoristeykseen sijoitettua äänivaroituslaitetta parempana kuin junan antamaa äänimerkkiä. Myös veturinkuljettajat olivat tyytyväisiä uuteen järjestelyyn. (Steve & Gent, 2000) Haittana on laitteiston kalleus. Tasoristeuksen varustaminen tällaisin laittein saattaa tulla yhtä kalliiksi kuin puoli-puomien asentaminen.

Veturin äänivaroituslaitteen etuna on varmuus. Aina äänimerkin kuullessa tiedetään junan olevan tulossa ja äänimerkin toimimattomuus on helppo havaita junasta.

5.3.6 Telemaattiset ratkaisut

Erilaisia tieliikenteen puolella käyttöön otettuja telemaattisia ratkaisuja on mahdollista soveltaa myös rautatien tasoristeyksiin. Joissakin tasoristeyksissä olisi mahdollista soveltaa esim. kelin mukaan vaihtuvaa nopeusrajoitusta tieliikenteelle. Suuri lähestymisnopeus ei kuitenkaan ilmeisesti ole Suomessa erityinen ongelma tasoristeysten kohdalla. Täällä tasoristeykset sijaitsevat usein yksityisteillä, joilla ei ole mahdollista ajaa suurilla nopeuksilla. Vaihtuvat nopeusrajoitusmerkit ovat myös kallis ratkaisu. Samalla rahalla voitaisiin tasoristeykseen asentaa varoituslaite.

Varoitus junan tulosta tasoristeykseen on myös mahdollista viedä suoraan sisälle autoon. Tällöin autoon tulisi tieto siitä, että lähestytään tasoristeystä sekä tieto tasoristeystä lähestyvistä junasta. Tämä edellyttää junaliikenteen ohjauksessa junan paikka- ja nopeustiedon tunnistavaa järjestelmää sekä autoihin paikkatietoa ja näyttöä. Tekniikka tähän kaikkeen on jo olemassa, mutta sen yleinen käyttöön ottaminen vie vielä aikaa. Tämän ajan kuluessa tasoristeysten määrä vähenee koko ajan ja yleisiltä teiltä ne poistunevat lähes kokonaan. Telemaattiset ratkaisut tulevat kuitenkin pitkällä tähtäimellä käyttöön tieliikenteessä.

5.3.7 Tilustielamppu

Ruotsissa ja Norjassa on vain yhteen taloon vievien yksityisteiden tasoristeyksissä otettu käyttöön tilustielamppu (ks. Luku 4). Molemmilla puolilla rataa tulee olla sama maanomistaja. Tasoristeyksessä palaa tavallisessa hehkulamppussa yleensä valo. Jos valo ei pala, juna on tulossa tai lamppu on rikki. Läheisen talon asukkaat huolehtivat hehkulampun vaihtamisesta. Sähkö saadaan yleensä talosta. Tasoristeystä osoittavan liikennemerkkin varteen on kiinnitetty kyltti, jossa on lyhyt selitys toiminnasta. Hyvinä puolina ovat varoituslaitteen pienet kustannukset, tienpitäjän (talon omistajan) sitoutuminen järjestelmään ja se, että vikatilanteessa järjestelmä ei näytä toimivalta.

5.3.8 Tasoristeysvalo

Suomessa kokeillaan akselilaskentalaitteilla varustettua tilustielampun tyyppistä järjestelmää, jota kutsutaan tasoristeysvaloksi. Väriltään punainen LED-valo on sijoitettu risteysmerkin keskelle ja se palaa, kun juna on tulossa. Junan tulo ja poistuminen tasoristeyksestä selvitetään akselinlaskentalaittein. Sähköä järjestelmälle saadaan aurinkopaneelin ja tuuligeneraattorin avulla. Järjestelmään voidaan lisätä vikadiagnostiikkaa. Järjestelmää sovelletaan pääsääntöisesti vähäliikenteisten yksityisteiden tasoristeyksiin.

5.4 Tiehen kohdistuvat toimenpiteet

5.4.1 Tasoristeyskansi

Venäjällä on kehitelty uusi toimenpide tasoristeysten turvallisuuden parantamiseksi. Joissakin Viipurin ja Pietarin välisen radan tasoristeyksissä kokeillaan juuri ennen tasoristeystä tien pinnasta noin 40 cm nousevaa ramppia (tie ”nousee pystyyn”), joka estää pääsyn radalle junan tullessa (kuva 4). Tasoristeys on varustettu myös puolipuomein. Venäjällä ratkaisua pidetään toimivana, mutta kokemuksia tai tutkimustietoa toimivuudesta ja turvallisuusvaikutuksista ei ole.



Kuva 4. Venäjällä kokeiltava tasoristeyskansi, joka estää ajon tasoristeykseen puomin ollessa alhaalla.

5.4.2 Töyssyt ja tärinäraidat

Tielle ennen tasoristeystä lähestymissuuntaan rakennettavien töyssyjen tai tärinäraitojen tarkoituksena on herättää ajoneuvon kuljettajan huomio ja alentaa nopeuksia ennen tasoristeystä.

Töyssyjen muotoilussa tulee ottaa huomioon niiden soveltuvuus kaikille tietä käyttäville ajoneuvotyypeille ja nopeuksille. Töyssyt saattavat hankaloittaa tien talvikunnossapitoa ja saattavat väärin sijoitettuina vaikeuttaa tasoristeykseen ajamista.

Vain tasoristeuksen lähestymissuunnan yli kulkevat töyssyt tai tärinäraidat kierretään helposti, koska niiden yli on epämukava ajaa (Vägverket, 1998). Tärinäraidat myös ku-

luvut nopeasti etenkin tietä aurattaessa. Töyssyjä ja tärinäraitoja voidaan käyttää vain asfaltoiduilla teillä, joten ne eivät sovellu läheskään kaikkiin tasoristeyksiin.

5.4.3 Esikansi

Ennen tasoristeystä voidaan rakentaa ritilämäinen esikansi ajoneuvoliikenteen nopeuksien alentamiseksi ennen tasoristeystä. Esikansi toimii samaan tapaan kuin tärinäraidat, mutta se voidaan asentaa myös päällystämättömälle tielle.

5.4.4 Päällysteen laatu

Tasoristeystä lähestyttäessä tien päällysteen laatu voitaisiin muuttaa sellaiseksi, että siitä kuuluu selvästi normaalia asfalttia enemmän melua. Tarkoituksena on herättää kuljettajan huomio.

Päällyste on kuitenkin hankala kehittää sellaiseksi, että myös kuorma-autoihin ja rekoihin kuuluvassa äänessä olisi selvä ero. Päällysteen kuluminen vaikuttaa myös melun määrään. Toisaalta asutuksen lähellä (taajamissa) liikenteen meluhaitat lisääntyvät.

5.4.5 Kunnossapidon tehostaminen

Teiden kunnossapitoa tehostamalla voidaan parantaa ajo-olosuhteita tasoristeyksissä. Näin tasoristeyksistä päästään kulkemaan mahdollisimman sujuvasti ja turvallisesti.

Päällystämättömään tiehen juuri ennen kantta kuluu helposti kuoppa. Kuoppia syntyy muutenkin ajoneuvojen pysähtyessä ennen tasoristeystä aina suunnilleen samaan kohtaan. Kuopat vaikeuttavat tasoristeyksen ylittämistä. Tasoristeysten kansien materiaalin tulisi kestää kulutusta, pysyä hyvin paikoillaan ja olla mahdollisimman pitävää (ei liukastu talvella).

Talvikunnossapitoa tehostamalla saadaan tie myös talvella pysymään sellaisessa kunnossa, että tasoristeys voidaan ylittää turvallisesti. Lunta ei kuitenkaan saa kasata tasoristeyksen lähelle siten, että se estää näkemisen radalle tai vaikeuttaa puolipuomilaitoksen toimintaa. Tasoristeyksissä tulee myös olla saatavilla hiekkaa liukkaudentorjuntaan, jotta mahdollisesti juuttunut ajoneuvo saadaan siirrettyä pois tasoristeyksestä (Anila & Kallio, 2000).

5.4.6 Pituuskaltevuus

Yleisen tien pituuskaltevuus saa olla RAMO:n mukaan enintään 7 % ja poikkeustapauksessa 9 %. Muiden teiden pituuskaltevuus saa yleensä olla korkeintaan 10 %, poikkeustapauksissa 12 %. Teiden pituuskaltevuus osoittautui kenttämittauksissa yleisillä teillä yleensä kunnossa olevaksi ja osassa yksityisteiden tasoristeyksiä liian suureksi (Anila & Kallio, 2000). Liian suureen pituuskaltevuuteen saattaa osaltaan vaikuttaa myös joissa-

kin tapauksissa radan perusparannus, jolloin rataa on voitu nostaa tai raiteen kallistusta lisätä.

Jos pituuskaltevuus on liian suuri, etenkin talvella tasoristeyksestä kulkeminen on vaarallista ja aina tasoristeykseen ei pienimmillä yksityisteillä pysty henkilöautolla edes ajamaan tien jyrkkyyden vuoksi. Tien pituuskaltevuuden korjaaminen saattaa olla kallista.

Tasoristeysten odotustasanteiden pituuskaltevuuden tulisi RAMO:n mukaan olla yleisillä teillä enintään 1,5 % molemmin puolin tasoristeystä (muualla kuin yleisillä teillä poikkeustapauksissa enintään 2,5 %). Odotustasanteiden pituudelle on olemassa tie-luokkakohtaiset minimi. Käytännön mittauksissa osoittautui, että yleisten teiden odotustasanteet olivat yleensä kunnossa mutta yksityisteillä odotustasannetta ei aina ollut lainkaan ja kaltevuudet olivat usein liian suuret (Anila & Kallio, 2000).

5.4.7 Tielinjan oikaisu

Joissakin tasoristeyksissä tien ja tasoristeyksen välinen kulma saattaa olla liian vino tai juuri ennen tasoristeystä voi olla jyrkkä mutka (kuva 5). Näkyvyyttä tieltä radalle voidaan tällöin parantaa ainoastaan tielinjaa oikaisemalla. Näkemien parantuessa lähestyvä juna on helpompi havaita. Haittapuolena toimenpiteellä ovat suuret kustannukset.



Kuva 5. Tie kulkee radan suuntaisena ja juuri ennen tasoristeystä on jyrkkä mutka.

Ruotsalaisten tutkimusten mukaan, jos tie kulkee rautatien suuntaisena, riski joutua onnettomuuteen samasta suunnasta lähestyvän junan kanssa on noin seitsenkertainen verrattuna tasoristeysonnettomuuksiin yleensä. Tämä johtuu siitä, että kuljettajat eivät juuri katsele taaksepäin. (Vägverket, 1998)

5.4.8 Kevyen liikenteen ratkaisut

Kevyt liikenne voidaan ohjata mutkitellen radan yli (*kuva 6*). Tasoristeyksessä on radan suuntaiset aidat, jotka ylettyvät kevyen liikenteen kulkutien reunasta jonkin verran yli tien puolivälin. Mutkittelevalla reitillä saadaan polkupyörien nopeudet putoamaan. Lisäksi pyöräilijöillä ja jalankulkijoilla on katsottavana vain yksi suunta kerrallaan. Toimenpide on hinnaltaan edullinen ja sovellettavissa moniin kevyen liikenteen tasoristeyksiin.



Kuva 6. Kevyen liikenteen ohjaus mutkitellen tasoristeyksen yli.

Kevyen liikenteen tasoristeyksissä taajamissa käytetään Ruotsissa paljon kokopuomia. Tällöin kulku tasoristeykseen on mahdollisimman hankalaa puomien ollessa alhaalla. Jalankulkijoilla ja pyöräilijöillä on kuitenkin taipumus kiertää puomi tai kulkea sen ali, jos heillä on kiire.

5.5 Merkit ja merkinnät

5.5.1 Stop-merkit

Stop-merkkien asentamisen vaikutusta kuljettajien liikennekäyttäytymiseen selvitettiin Suomessa viidessä tasoristeyksessä 1980-luvun alussa (Kulmala & Vilhonen, 1984). Tämän tutkimuksen perusteella vaikutukset olivat myönteisiä. Pysähtyminen ennen tasoristeystä lisääntyi 13 %:sta ennen stop-merkkien asentamista 59 %:iin merkkien asentamisen jälkeen. Ajoneuvojen nopeudet kymmenen metriä ennen tasoristeystä pienivät erittäin merkitsevästi. Sivuille katsominen ennen kiskoja ylitystä lisääntyi erittäin merkitsevästi (molempiin suuntiin katsominen: ennen 58 %, jälkeen 89 %). Riskiylittäjien (suurella nopeudella lähestyvät ja huolimattomasti risteysen ylittävät) määrä väheni melkein merkitsevästi.

Australialaisen tutkimuksen mukaan tulokset olivat myös myönteisiä. Taajamien ulkopuolella onnettomuuskustannukset stop-merkeillä varustetuissa tasoristeyksissä olivat vajaa puolet vain risteysmerkeillä varustettuun tasoristeykseen verrattuna suoralla ja yli 80 % pienemmät S-mutkassa. Taajamissa erot olivat pienemmät. (Kulmala & Vilhonen, 1984)

Stop-merkkejä ei kuitenkaan voida sijoittaa kaikkiin vartioimattomiin tasoristeyksiin. Jos tien pituuskaltevuus on suuri, ne saattavat huonontaa liikenneturvallisuutta, koska jyrkästä mäestä on vaikea lähteä liikkeelle täysin pysähdyksistä. Joissakin maissa on kuitenkin pakollista pysähtyä ennen rautatien tasoristeystä.

Myös merkkien sijainti on mietittävä. Ajoneuvo tulisi saada pysähtymään näkyvyyden kannalta optimaaliseen kohtaan, joka ei välttämättä ole juuri ennen kiskoja. Optimaalinen pysähtymiskohta voitaisiin merkitä ennen tasoristeystä paaluin tai päällystetyllä tiellä pysätysviivoin.

5.5.2 Nopeusrajoitusmerkit

Tien nopeusrajoitus tasoristeyskohdalla voitaisiin merkitä tasoristeyksestä kauimmaiseen rautatien tasoristeyskohdan lähestymismerkkiin. Tällöin kuljettajaa muistutettaisiin tasoristeyksessä sallitusta nopeudesta.

Tieliikennelaissa ei ole määritelty tasoristeyksiin yleistä nopeusrajoitusta. Taajamien ulkopuolella yleisen nopeusrajoituksen (80 km/h) teillä voisi nopeusrajoitusta alentaa ennen tasoristeystä.

5.5.3 Varoitusmerkit

Tien varressa olevissa rautatien tasoristeyksestä varoittavissa liikennemerkeissä on puutteita. Varoitusmerkit saattavat puuttua kokonaan. Merkki saattaa myös olla virheelinen (tasoristeys ilman puomeja/ tasoristeys, jossa on puomit). Tasoristeyksistä tulisikin tarkistaa, että vaadittavat merkit ovat olemassa ja että ne ovat oikeat ja oikeissa paikoissa (lähestymismerkit). Merkkien varten voidaan sijoittaa reikä alaosaan, jolloin varsi antaa periksi ajoneuvon törmätessä siihen.

Jotta kuljettaja saisi lisätietoa edessä olevasta tasoristeyksestä, rautatien tasoristeyksestä varoittavassa merkissä voisi olla lisäkilpi, josta näkyy tien ja radan välinen kulma.

Varoitusmerkit voitaisiin myös sijoittaa molemmille puolille tietä niiden havaittavuuden parantamiseksi.

USA:ssa selvitettiin heijastavien materiaalien käytön vaikutusta rautatien tasoristeystä osoittavalla merkillä varustetuissa tasoristeyksissä (Zwahlen & Schnell, 1999). Toisessa kokeilussa tavassa heijastavalla materiaalilla käsiteltiin merkin varsi ja ristinmuotoinen merkki sekä etu- että takapuolelta. Lisäksi varten lisättiin lisäkilpi, jossa luki: Väistä (ns. ohiolainen ratkaisu). Toinen kokeiltu tapa oli vastaavanlainen käsittely ilman lisäkilpeä. Uudet merkit eivät vähentäneet rikkomuksia junan lähestyessä. Onnettomuusanalyysin perusteella ainoa merkitsevä ero oli yöaikaan, jolloin ohiolaisella merkillä varustetuissa tasoristeyksissä tapahtui vähemmän onnettomuuksia kuin vanhalla merkillä. Kuljettajien hyväksyntää selvitettiin kyselyllä ja ohiolainen merkki oli selvästi suosittumpi kuin vanha merkki.

Lisäksi selvitettiin mittauksin heijastavuutta yöaikana. Varren heijastavuus kaikkiin neljään tulosuuntaan tasoristeyksessä parani selvästi vanhaan merkkiin verrattuna. Ristimerkkien käsittely myös takapuolelta oli tärkeää koska tavarajunan kulkiessa tasoristeyksessä merkin heijastava takaosa ”vilkkuu” vaunujen välistä ja herättää tieliikenteen kuljettajan huomiota. Tutkimuksen perusteella ehdotettiin, että kaikkien ristimerkkien varret pinnoitetaan heijastavalla materiaalilla joka suuntaan ja kaikki ristimerkit pinnoitetaan heijastavalla materiaalilla sekä etu- että takapuolelta (valkoiset mikropriimat).

Kanadassa kokeiltiin risteysmerkein varustetuissa tasoristeyksissä, joissa oli huono näkemä, varoitusta tästä ja kehotusta pysähtyä (Ward & Wilde, 1995). Pään kääntämisen kestossa oikealle tai vasemmalle ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja ennen ja jälkeen merkkien asettamisen. Myöskään koetasoristeysten ja kontrollitasoristeysten (ei uutta kokeilua) välillä ei ollut eroja pään kääntämisen kestossa. Pysähtymisten määrä (ei juna tulossa) tai jarrutusten kesto ei lisääntynyt varoituksen asentamisen jälkeen. Lähestymisnopeuksissakaan ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja, joskin nopeudet näyttivät laskevan vähän. Havainnoiduista kuljettajista vain yksi kymmenestä olisi voinut pysähtyä turvallisesti, jos juna olisi tullut tasoristeykseen. Varoituskylttien asennus ei vaikuttanut tähän osuuteen. Tämän tutkimuksen mukaan siis ennakkovaroitus huonosta näkemästä ei parantanut liikenneturvallisuutta tasoristeyksissä.

5.5.4 Portaali

Ruotsissa kokeiltiin pilottitutkimuksessa sini-valkoisen portaalin asentamista tielle ennen tasoristeystä herättämään autoilijoiden huomiota. Väri on sini-valkoinen koska kelta-punainen voitaisiin sekoittaa puumiin. Vaaratilanteet tasoristeyksissä vähenivät yli 70 %. (Vägverket, 1998) Ruotsissa otetaankin portaaleja koekäyttöön useissa tasoristeyksissä.

5.5.5 Radan merkintä

Tasoristeuksen havaittavuuden parantamiseksi kokeillaan Suomessa joissakin tasoristeyksissä kiskoja maalaamista tasoristeuksen molemmin puolin lyhyeltä matkalta heijastavalla maalilla. Merkintä ei näy talvella lumen alta mutta muuna aikana se parantaa tasoristeuksen havaittavuutta.

5.6 Säännöt ja määräykset sekä niiden noudattamisen valvonta

5.6.1 Lainsäädäntö

Tieliikennelailla säädellään tienkäyttäjän käyttäytyminen tasoristeyksessä (pitääkö ajoneuvon pysähtyä jne). Myös tasoristeyksissä käytettävästä nopeudesta annetaan yleinen määräys. Lainsäädäntöä muuttamalla saatettaisiin vaikuttaa tasoristeysten turvallisuuteen. Junalla on kuitenkin jo nyt ehdoton etuajo-oikeus. Lähestymisnopeuksien pienentämiseksi ja yhtenäisen käytännön vuoksi olisi mahdollista ottaa käyttöön yleinen nopeusrajoitus tasoristeyksissä.

Liikennemerkkein voidaan estää jonkin tasoristeuksen käyttö tietyinä aikoina tai kieltää raskaita ajoneuvoja (rekkoja) käyttämästä tasoristeystä. Tämä soveltuu pienten yksityisten joihinkin tasoristeuksiin.

Tasoristeyksissä on vastuu radanpitäjällä. Tasoristeyksissä myös tien tulisi kuitenkin olla määräysten mukaisessa kunnossa ja tarpeettomien, käyttämättömien tasoristeysten poisto tulisi tapahtua selkeiden säädösten mukaan. Tien- ja radanpitäjän vastuuta koskevien säädösten sisältöä olisi ehkä syytä tarkistaa ja selkeyttää.

5.6.2 Sääntöjen noudattamisen valvonta

Sääntöjen noudattamista tulisi periaatteessa valvoa (punaista päin ajaminen, stop-merkki jne). Valvonta voidaan tehdä joko perinteisenä poliisivalvontana tai automaattivalvontana, joka soveltuu parhaiten joihinkin taajamien tasoristeuksiin. Kohtuullisin kustannuksin pitempiaikainen valvonta tulisi toteuttaa automaattivalvontana sillä edellytyksellä, että sanktiot voitaisiin määrätä ajoneuvon haltijalle kuljettajaa tunnistamatta. Tämä ei ole nykyllä lainsäädännön mukaan mahdollista.

USA:ssa toteutetaan automaattivalvonta videolla tai suljetun piirin TV:llä. Sakoista saaduilla tuloilla rahoitetaan koko toimintaa. Myös vetureissa voi olla kamera, jolla voidaan valvoa esim. puolipuumien kiertämistä. Tällöin kameraa ei tarvitse asentaa useaan tasoristeyksen. Kamera 40 m ennen tasoristeystä vähensi puolipuumien kiertämistä 77 %. (Godziejewski et al. 1999)

5.7 Valistaminen ja kouluttaminen

5.7.1 Valistus ja kampanjat

Jakamalla tienkäyttäjille tietoa tasoristeystä lähestyvän junan nopeudesta, jarrutusmatkoista sekä kyvystä varautua yllättäviin tilanteisiin voidaan mahdollisesti vaikuttaa kuljettajien käyttäytymiseen tasoristeyksissä. Kampanjoinnin määrä vaihtelee maittain. Sitä voivat tehdä rautatieyhtiöt, autoliikenteen etujärjestöt tai valvovat viranomaiset. Kampanjoinnin onnistumisen kannalta on tärkeää suunnata se oikein. Tasoristeysten turvallisuuskampanjoinnissa on tärkeä tuoda esiin junan pitkä pysähtymismatka.

USA:ssa selvitettiin kampanjoiden onnistumista ja niiden suuntaamista (Witte & Donohue, 2000). Tutkimuksen mukaan kampanjat, joissa korostetaan tutkittua tietoa ja teoreettista opastusta toimivat paremmin kuin intuitiiviset ja tunteisiin vetoavat kampanjat. Kampanjat onnistuvat parhaiten, kun ihmiset uskovat, että riski on todellinen (pelko) ja että se kohdistuu juuri heihin (uhka). Kun he pelkäävät, he ovat valmiita toimenpiteisiin riskin pienentämiseksi ja uskovat voivansa omilla toimenpiteillään tehokkaasti pienentää riskiä.

Michiganissa tehtiin kysely 1 200 asukkaalle tasoristeysten turvallisuutta koskevan kampanjoinnin taustatietojen ja suuntaamisen selvittämiseksi. Riskikäyttäytyjiä vastaa- jista oli noin 20 %. He mm. ilmoittivat kiertävänsä puomit vaikka näkevät junan olevan tulossa ja halusivat kilpailla junan kanssa tasoristeyksessä. Riskikäyttäytyjillä oli kuitenkin käsitys vaarasta joutua onnettomuuteen tasoristeyksessä ja he tiesivät ajokäyttäytymisensä lisäävän riskiä joutua onnettomuuteen. Useilla olikin aikaisempia kokemuksia läheltä piti -tilanteista. Kampanjat tulisi suunnata tälle riskijoukolle. Riskikuljettajille ehdotettiin myös muuta tekemistä tasoristeyksessä odottelun ajaksi. He voisivat esimerkiksi arvioida junan nopeutta, joka näytettäisiin näyttöruudussa junan mentyä. (Witte & Donohue, 2000)

5.8 Muut toimenpiteet

5.8.1 Pysäytysverkko

USA:ssa on kehitelty tien yli laskeutuva verkko, joka estää ajamisen radalle, kun juna on tulossa. Ajoneuvot, jotka yrittävät ajaa radalle ajavat verkkoon. Tasoristeyksessä voi

olla puolipuomit tai verkko voi toimia ainoana turvaamistoimenpiteenä. Hyvänä puoleena on ajon esto radalle junan ollessa tulossa. Ratkaisu on kuitenkin kallis ja tasoristeyksen tyhjentämisestä ennen verkon laukaisemista tulee huolehtia.

5.8.2 Näkemien kuntoon saattaminen

Tasoristeysten näkemät ovat monasti huonot. Näkemiä voivat peittää kasvillisuus (heinät ja oksat), lumi, rakennusjätteet (vanhat ratapölkyt), rakennukset (työmaakopit) tai maaperä. Kasvillisuuden raivaaminen näkemäalueelta on yleensä halpa ja nopeasti toteutettavissa oleva toimenpide, jolla on suuri turvallisuushyöty. Rakennusjätteet tulisi kuljettaa pois radan varresta mahdollisimman nopeasti. Näkemäraivausalueet voidaan merkitä maastoon paaluin raivauksen helpottamiseksi. Aina näkemäraivausta ei kuitenkaan ole mahdollista tehdä vain radanpitäjän valtuuksin. Näkemäeste saattaa olla jonkun muun omistamalla maalla.

Sähkōratapylväät saattavat muodostaa jatkuvan näkemäesteen. Myös sähkōratapylväiden peltilevystä tehdyt kiipeilyesteet saattavat estää näkemiä. Kiipeilyesteet tulisi siirtää pois tieltä tai tehdä läpinäkyvästä materiaalista (verkosta). Näkemien kannalta tärkeisiin pylväisiin voitaisiin myös laittaa vinot tuet, jolloin kiipeäminen on vaikeaa.

On myös ehdotettu näkemän rajoittamista kauempana tasoristeyksestä. Tällöin ajoneuvo teoriassa lähestyy tasoristeystä pienemmällä nopeudella, kun kuljettaja ei näe kaukaa tuleeko junaa vai ei.

Kuitenkin Japanissa tehdyn tutkimuksen mukaan näkemän ollessa vähemmän kuin 20 m onnettomuusriskin keskiarvo oli 50 % suurempi kuin näkemän ollessa yli 20 m. (Anandarao & Martland, 1998)

5.8.3 Kuljetusten reitin suunnittelu

USA:ssa on painotettu, että erityiskuljetusten (korkea, leveä, painava), koulukuljetusten ja vaarallisten aineiden kuljetusten reitit tulisi suunnitella siten, että reittien varrella on mahdollisimman vähän tasoristeyskoja. Lisäksi tulisi tarkastaa, onko tasoristeyksestä kulkeminen mahdollista tällaisille kuljetuksille. (Godziejewski et al., 1999)

5.8.4 Junien nopeusrajoitukset

Tilapäisenä toimenpiteenä tasoristeyksen turvallisuuden parantamiseksi on nopeusrajoitusten asettaminen junaliikenteelle tasoristeyksen kohdalla. Tasoristeyksissä saattaa olla niin huono näkemä (ja vaikeasti parannettava), että radan ylittäminen turvallisesti on mahdotonta, ellei junan nopeusrajoitusta alenneta. (Anila & Kallio, 2000) Tällaisiin tasoristeyksiin tulee kuitenkin yleensä pitemmällä tähtäimellä tehdä joku muu ratkaisu turvallisuuden parantamiseksi (esim. asentaa puomit).

6 YHTEENVETO JA PÄÄTELMIÄ

6.1 Onnettomuudet ja rikkomukset

Tasoristeysonnettomuudet muodostavat suuren osan (yli puolet) junaliikenteen onnettomuuksista ja onnettomuuksissa kuolleista Suomessa ja ovat ongelma myös muualla maailmassa. Onnettomuudet ovat seurauksiltaan selvästi vakavampia kuin tieliikenteen onnettomuudet keskimäärin. Onnettomuuksien välttämiseksi onkin tärkeää, että kuljettaja tietää tulevansa tasoristeykseen. Esim. ennakkovaroitusvalolla ja varoitusmerkkien sijoittamisella molemmin puolin tietä voidaan parantaa tasoristeysten havaittavuutta. Merkkien havaitsemisen parantamiseksi merkeissä (myös takaosassa) sekä niiden varsisissa tulisi käyttää heijastavia pinnoitteita. Tällöin merkit näkyvät hyvin etenkin hämärällä ja pimeällä

Sekä onnettomuuksien absoluuttinen että tasoristeysten lukumäärään suhteutettu määrä laski 1970-luvulta 1990-luvulle Suomessa ja muualla maailmassa. Suomessa tasoristeysonnettomuuksien määrän laskeva trendi pysähtyi 1990-luvun jälkipuoliskolla. Tällöin onnettomuuksia tapahtui vuodessa keskimäärin 47 ja niissä kuoli keskimäärin yhdeksän henkilöä vuodessa.

Kuolemaan johtaneissa tasoristeysonnettomuuksissa tieliikenteen osallisella oli yleensä pieni nopeus ja ajoneuvo hallinnassa. Onnettomuudet tapahtuivat yleensä yksityisteillä kotikunnan alueella.

Paras keino turvallisuuden parantamiseksi on poistaa tasoristeys kokonaan tai korvata se eritasoristeyksellä. Junan suuri nopeus edellyttää tasoristeysten korvaamista eritasoristeyksillä. Pitkällä tähtäimellä tasoristeykset pyritään muuttamaan useissa maissa eritasoristeyksiksi.

Puutteelliset näkemät ovat vakava ongelma ja suuri syy tasoristeysonnettomuuksiin. Tasoristeyksissä, joissa onnettomuudet tapahtuivat, näkemät olivat harvoin sääntöjen ja määräysten mukaiset. Tasoristeyksissä tehtyjen mittausten perusteella tasoristeysten näkemissä oli yleensäkin paljon puutteita. Näkemien parantaminen onkin tärkeä toimenpide tasoristeysten turvallisuuden parantamiseksi.

Tienkäyttäjien virheinä tasoristeyksissä ovat puomien kiertäminen ja rikki ajaminen. Yleinen rikkomus on myös punaista päin ajaminen. Puomien rikki ajaminen saattaa olla lisääntymässä Suomessa. Autonkuljettajien käyttäytymisessä tasoristeyksissä on havaittavissa jonoefekti; jonot ajavat tasoristeyksen läpi pienemmällä nopeudella kuin yksittäiset ajoneuvot, toisaalta taas punaista päin ajetaan helposti toisen ajoneuvon perässä.

6.2 Pohjoismainen vertailu

Ruotsissa on varsin selkeät pelisäännöt sille, miten tasoristeysten varoituslaitteet valitaan. Kriteerit ovat ilmeisesti melko tiukat ja niitä myös kiristetään koko ajan. Valintakaavion käyttö johtaa systemaattisuuteen varoituslaitteiden valinnassa. Samankaltaisissa tasoristeyksissä eri puolilla maata tulee kaavion avulla helpommin toistensa kaltaisia myös varoituslaiteratkaisuiltaan, joten autoilijankin on ehkä helpompi tehdä oikeita päätelmiä siitä, millainen tasoristeys on edessä.

Ruotsalaisessa valintakaaviossa päädytään jo kohtalaisen vähäisillä liikennemäärillä tilanteeseen, jossa varoituslaitteeksi vaaditaan vähintään puolipuomit. Vilkkaasti liikennöityjä tasoristeyksiä on pyritty määrätietoisesti sulkemaan tai muuttamaan eritasoiksi. Haastatellun ruotsalaisen tasoristeysasiantuntijan mukaan esimerkiksi monet suomalaiset yleisten teiden tasoristeykset olisi Ruotsissa jo suljettu ja/tai korvattu eritasoratkaisulla suurien autoliikennemäärien vuoksi.

Tilastojen perusteella Suomen ja Ruotsin välillä on selvä ero varsinkin niiden tasoristeysten turvallisuudessa, joissa ei ole mitään varoituslaitteita eikä risteysmerkkejä. Tämä käy ilmi, kun verrataan näiden osuutta kaikista tasoristeyksistä niiden osuuteen onnettomuuksista. Syynä voi olla, että Ruotsissa vaarallisimpia tasoristeyksiä on ehkä pysytty sulkemaan tai varustamaan varoituslaitteilla nopeammin kuin Suomessa.

Toisaalta valintakaavio herättää myös joitakin kysymyksiä. Kaavion näkemärajat ovat suomalaisia vaatimuksia lyhyempiä. Tasoristeykset sallitaan myös varsin korkeillakin junanopeuksilla. Tosin junien suurimman sallitun nopeuden ollessa yli 160 km/h päädytään aina minimivaatimuksena vähintään kokopuomeihin pidennetyllä hälytysäänellä.

Varoituslaitetekniikka on Ruotsissa kehittynyttä. Noin 70 puomilaitosta on varustettu läsnäoloilmaisimilla, jotka havaitsevat tasoristeykseen juuttuneen ajoneuvon ja pysäyttävät junan. Puomilaitteissa on myös kehittynyttä vikailmaisintekniikkaa.

Myös ruotsalaista tasoristeysturvallisuuteen vaikuttavaa työtä ohjaavat pitkän tähtäimen tavoitteet, etenkin nollavisio. Näistä tavoitteista voidaan johtaa lyhyemmän tähtäimen tavoitteita, jotka näkyvät mm. varoituslaitekriteereissä. Tavoitteet myös pakottavat määrätietoiseen työhön turvallisuuden parantamiseksi.

Ruotsissa työpanos tasoristeysturvallisuuteen vaikuttaa melko suurelta. Rautatiepiireissä (banregioner) työskentelee ihmisiä, joiden tehtävänä on viedä eteenpäin tasoristeysten sulkemisprosesseja ja neuvotella maanomistajien kanssa.

Norjassa eräs hyvää tasoristeysturvallisuutta selittävä tekijä on tiukat vaatimukset. Kaksoirteisilla rataosilla tasoristeyksiä ei sallita, ja junan suurimman sallitun nopeuden ollessa yli 130 km/h sekä aina yleisten teiden tasoristeyksissä on oltava vähintään puolipuomit. Hiljaisimmissakin tasoristeyksissä on oltava vähintään portti. Portin turvalli-

suusvaikutus voidaan tietysti kyseenalaistaa esimerkiksi silloin, kun tien geometria on huono ja pysähdyksistä liikkeelle lähteminen on hidasta.

Valvonnan määrästä ei löydy selitystä tasoristeysturvallisuuden eroille. Ruotsissa erityistä valvontaa ei tasoristeyskiin kohdisteta. Norjassa asiaa kuitenkin selvitetään parhaillaan. Kampanjoinnistakaan tuskin löytyy merkittävää selitystä, vaikka Norjassa kampanjoita ajoittain järjestetäänkin.

Kuljettajien käyttäytyminen vaikuttaa tasoristeysturvallisuuteen. Usein kuultu väite on, että suomalainen liikennekäyttäytyminen on ”vallattomampaa” kuin ruotsalainen ja ehkä norjalainenkin. Tässä selvityksessä ei tälle väitteelle tosin saatu vahvistusta. Ruotsissa esiintyy myös puolipuumien kiertämistä, ja joissakin paikoissa tasoristeysjärjestelyt suorastaan synnyttävät tällaista käytöstä. Norjassa seurattiin vuonna 1999 erään puolipuumiristeyksen ylittävien kuljettajien ja jalankulkijoiden käytöstä. 32 havaitusta ylittäjästä 5 ajoi tai käveli vasten punaista valoa ja 4 kiersi jo alas laskeutuneet puomit.

Myöskin rautatieviranomaisten tielle asettamista vaatimuksista on vaikea löytää mitään selityksiä turvallisuuseroille. Tässä selvityksessä ei tarkemmin tutustuttu tienpitäjien ohjeisiin ja sääntöihin.

6.3 Varoituslaitteet

Liikenteenohjaus kulkee kohti älykkäämpiä järjestelmiä, jotka mahdollistavat esim. junan nopeuden huomioon ottamisen varoitusaikoja määritettäessä.

Puolipuomein varustetuissa tasoristeyksissä puomien kiertäminen on ongelma, joka tulisi ratkaista (esim. jatkopala puolipuomiin). Suomessa ongelma ei ilmeisesti ole niin suuri kuin joissakin muissa maissa. Täälläkin tasoristeyksistä 15 % on varustettu puolipuomein, mutta näissä tapahtuu onnettomuuksista 21 %. Puolipuomein varustetuissa tasoristeyksissä lyhyt odotusaika ja toiminnan luotettavuus ovat tärkeitä.

Valo- ja äänivaroituslaittein varustetuissa tasoristeyksissä odotusaika tulisi saada mahdollisimman lyhyeksi, toiminta luotettavaksi ja näkyminen kuntoon kaikissa olosuhteissa. Laitteiden sijainnin optimointi on myös tärkeää. Kuljettajilla on taipumus pysähtyä valopylvään kohdalle, joten näkemien kannalta optimaalinen pysähtymispaikka tulisi olla siinä. Suomessa valo- ja äänivaroituslaittein varustetut tasoristeykset eivät ilmeisesti ole niin ongelmallisia kuin joissakin muissa maissa. Niitä ei myöskään ole täällä kovinkaan paljon (3 % koko rataverkon tasoristeyksistä).

Tilustielamppu on kustannuksiltaan edullinen varoituslaite pieniin yksityisteiden tasoristeyskiin, joissa tie johtaa vain yhteen taloon. Kokemukset Ruotsista ja Norjasta ovat positiivisia. Suomessa kokeillaan samantapaista ratkaisua (tasoristeysvalo) yksityisteiden tasoristeyksissä.

6.4 Tasoristeykset ilman varoituslaitetta

Näkemät etenkin yksityisteiden tasoristeyksissä tulisi saada kuntoon. Tien ja Odotustasanteiden kaltevuudet ovat myös yksityisteiden tasoristeyksissä puutteellisia. Niiden kuntoon saattaminen saattaa olla kallista.

Kevyt liikenne voidaan ohjata mutkitellen radan yli. Tällöin saadaan polkupyörien nopeudet alas ja kevyellä liikenteellä on katsottavana vain yksi suunta kerrallaan. Jos jalankulkijoita ja pyöräilijöitä on paljon, voidaan ylikulun kohdalle asentaa kokopuomi.

Stop-merkeistä on myönteisiä kokemuksia Suomessa ja Australiassa. Nopeudet tasoristeysten kohdalla saadaan alas, jolloin kuljettajilla on enemmän aikaa tarkistaa, tuleeko tasoristeykseen junaa. Stop-merkit eivät kuitenkaan sovellu kaikkiin paikkoihin ja niiden sijainti tulisi optimoida esim. näkemien suhteen.

6.5 Säännöt ja määräykset

Junalla on tasoristeyksissä eri puolella maailmaa yleensä ehdoton etuajo-oikeus. Tasoristeyksissä sallitusta nopeudesta annetaan tieliikennelaissa määräyksiä. Lähestymisnopeuksien pienentämiseksi ja yhtenäisen käytännön vuoksi olisi mahdollista ottaa käyttöön yleinen nopeusrajoitus tasoristeyksissä.

Liikennemerkein voidaan estää jonkin tasoristeyksen käyttö tiettynä aikana tai kieltää ajoneuvoyhdistelmiä käyttämästä tasoristeystä joissakin pienissä yksityisteiden tasoristeyksissä.

Tien- ja radanpitäjän vastuuta koskevien säädöksen sisältöä olisi ehkä syytä tarkistaa ja selkeyttää.

LÄHDELUETTELO

Abraham, J., Datta, T. K., Datta, S., Driver behaviour at rail-highway crossings. Transportation Research Record 1648. 1998. S. 28-34.

Anandarao, S., Martland, C. D., Level crossing safety on East Japan Railway Company: application of probabilistic risk assessment techniques. Transportation, Vol. 25, Issue 3/1998. S. 265-286.

Anila, M., Kallio, M., Tasoristeysten turvallisuus Toijala – Turku rataosalla. VTT, Yhdyskuntatekniikka. Tutimusraportti 539/2000. 29 s. + liitt. 227 s.

Barnett, A. I., Martland, C. D., Odoni, A. R., Sussman, J. M., Efficacy of safety-related investments to reduce fatalities on the East Japan Railway. Transportation Research Record 1691, 1999. S. 19-23.

Bowman, B. L., Stinson, K., Colson, C., Plan of action to reduce vehicle-train crashes in Alabama. Transportation Research Record 1648. 1998. S. 8-18.

Carlson, P. J., Fitzpatrick, K., Violations at gated highway-railroad grade crossings. Transport Research Record. 1692, 1999. S.66-73.

Coleman, F., Moon, J., Trapped vehicle detection system for four-quadrant gates in high-speed rail corridors: Design methodology and implementation issues. Transportation Research Record 1648. 1998. S. 35-42.

Coleman, F., Moon, J., Validation of four-quadrant gate simulation model: Predicted versus actual gate operating values. Transportation Research Record 1648. 1998. S. 43-50.

Costa, B., Marzilli, E., Leone, M., Automatic electronic detector of obstacles over the level crossing area. Presentation in World Congress on Railway Research, Japan, Tokyo, 1999. 7 s.

Estes, R. M., Rilett, L. R., Advanced prediction of train arrival and crossing times at highway-railroad grade crossings. Presentation at the 79th Annual Meeting, Transportation Research Board. Washington D. C., 2000. 15 s.

Gitelman, V., Hakkert, A. S., The evaluation of road-rail crossing safety with limited accident statistics. Accident Analysis and Prevention, Vol 29, 2/1997. S. 171-179.

Godziejewski, B., Lochman, L., Hirao, Y., Level crossings – comparison between Europe, USA and Japan. Presentation in World Congress on Railway Research, Japan, Tokio, 1999. 7 s.

Hauer, E., Persaud, B. N., How to estimate the safety of rail-highway grade crossings and the safety effects of warning devices. Transportation Research Record 1114. 1987. S. 131-140.

Kulmala, R., Vilhonen, S. Stop-merkin vaikutukset liikennekäyttäytymiseen ja turvallisuuteen rautatien tasoristeyksissä. Liikenneturva 68/1984. 47 s. + liitt. 9 s.

Markovic, M., Reljic, S., Stanojevic, M., Kostadinovic, D., Application of computers in estimation of the traffic safety at level crossings. Presentation in World Congress on Railway Research, Japan, Tokio, 1999. 7 s.

Meeker, F., Fox, D., Weber, C. A comparison of driver behaviour at railroad grade crossings with two different protection systems. Accident Analysis and Prevention, Vol 29, 1997. S. 11-16.

Moon, Y. J., Coleman, F., Driver's speed reduction behaviour at highway-rail intersections. Transportation Research Record 1692. 1999. S. 94-105.

Motorists killed in railroad crossing crashes: What characteristics do they share?, Auto and Road User Journal, March 24, 1997. Based on: Klein, T., Morgan, T., Weiner A., Rail-highway crossing safety: Fatal crash and demographic descriptors.

Nichelson, G. R., Reed, G. L., A procedure for the provision of highway-railroad grade separations. Presentation at the 79th Annual Meeting, Transportation Research Board. Washington D. C., 2000. 19 s.

Noyce, D. A., Fambro, D. B., Enhanced traffic control devices at passive highway-railroad grade crossings. Transportation Research Record 1648. 1998. S. 19-27.

Orsaker till döds- och personskadeolyckor vid plankorsningar mellan väg och järnväg, Regeringsuppdrag, Utredning. Vägverket, Publikation 1998:36. 32 s. + liitt. 2 s.

Parant, C., Level crossing safety improvement. Presentation in World Congress on Railway Research, Japan, Tokio, 1999. 6 s.

Qureshi, M., Richards, S. H., Jennings, B., Clarke, D., A nationwide assessment of railroad-highway grade crossing issues. Presentation at the 79th Annual Meeting, Transportation Research Board. Washington D. C., 2000. 13 s.

Russell, E. R., Mutabazi, M. I., Rail-highway grade crossing consolidation in Kansas. Transportation Research Record 1648. 1998. S. 1-7.

Steve, J., Gent, P. E., Train horn study. Presentation at the 79th Annual Meeting, Transportation Research Board. Washington D. C., 2000.

Tenkink, E., Van der Horst, R., Car driver behaviour at flashing light railroad grade crossings. Accident Analysis and Prevention, Vol 22, 1990. S. 220-239.

Tieliikennelait 1999. Toimittaja Matti Lahti. Kauppakaari OYJ, Lakimiesliiton kustannus.

Ward, N. J., Wilde, G. J. S., Field Observation of advance warning/advisory signage for passive railway crossings with restricted lateral sightline visibility: an experimental investigation, Accident Analysis and Prevention, Vol 27, 2/1995, s. 185-197.

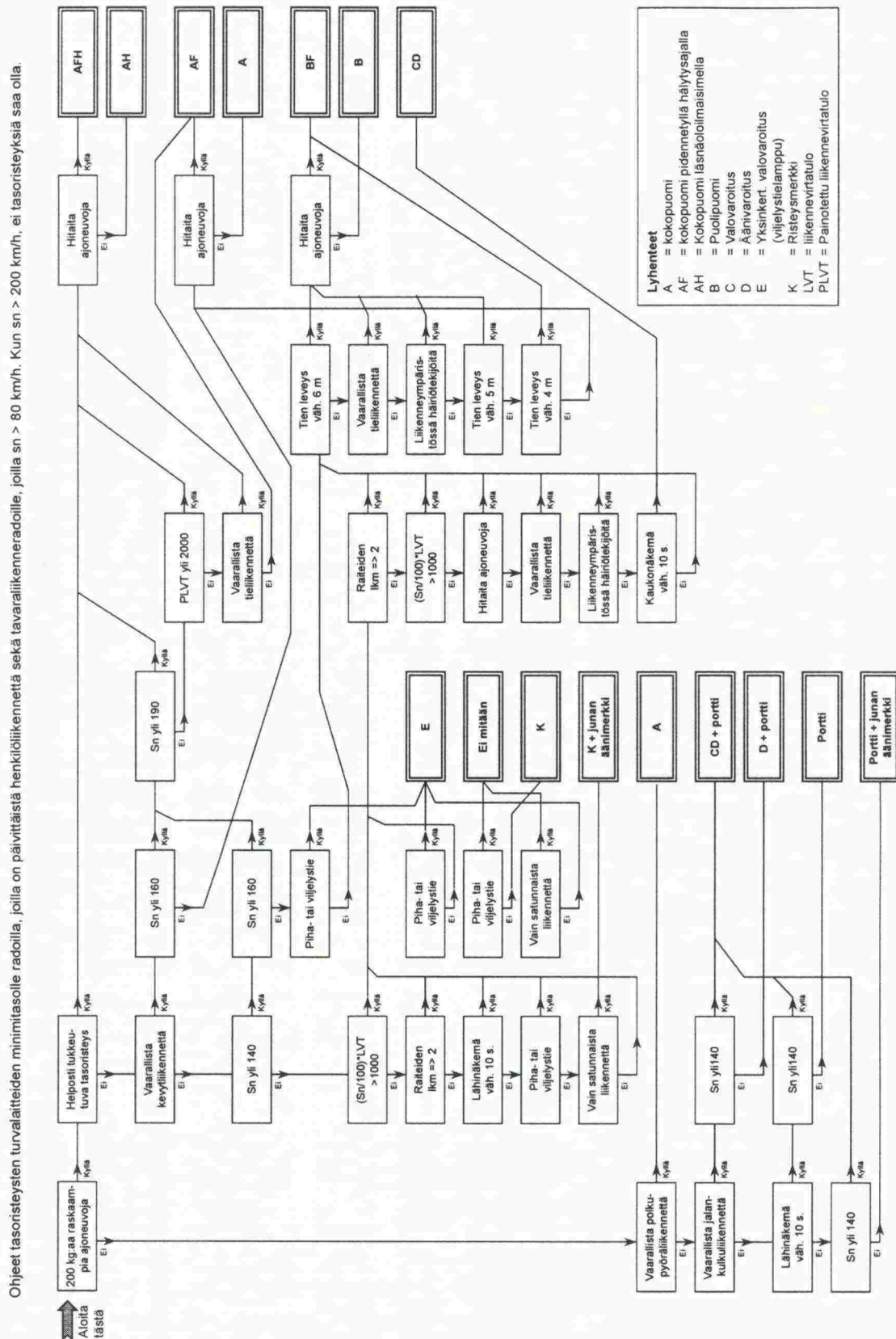
Ward, N. J., Wilde, G. J. S., A comparison of vehicular approach speed and braking between day and nighttime periods at an automated railway crossing. Safety Science, 19/1995. S. 31-44.

Wigglesworth, E. S., Can drivers distinguish between active and passive railroad-highway crossings? Two human factors studies in Victoria, Australia. Presentation at the 79th Annual Meeting, Transportation Research Board. Washington D. C., 2000. 18 s.

Witte, K., Donohue, W. A., Preventing vehicle crashes with trains at grade crossings: the risk seeker challenge, Accident Analysis and Prevention, Vol 32, 1/2000, s. 127-139

Zwahlen, H. T., Schnell, T., Evaluation of two new crossbuck designs for passive highway-railroad grade crossings. Transportation Research Record, 1692, 1999. S. 82-93.

Ruotsalainen varoituslaitteen valintakaavio



- 1/1997 Railway Industry Structures and Capital Investment Financing
 2/1997 Nopean junaliikenteen aluekehitysvaihtokäytännöt
 3/1997 Rautateiden henkilöliikenteen ennustemalli (RALVI)
 4/1997 Kilpailuedellytykset ja niiden luominen Suomen rataverkolla
 5/1997 Rataverkon tavaraliikenne-ennuste 2020
 1/1998 Rataverkon jatkosähköistytksen yhteiskuntataloudellinen vaikutusselvitys
 2/1998 Suomen rautatieliikenteen päästöjen laskentajärjestelmä (RAILI 96)
 3/1998 Rautateiden tavarakuljetusten laatutekijät
 4/1998 Ratahallintokeskuksen tutkimus- ja kehittämistoiminta 1997 - 99
 5/1998 Rataverkon kehittämisen yhdyskuntarakenteellisten vaikutusten ja menetelmien arviointi
 6/1998 Yksityisrahoituksen käyttömahdollisuudet Suomen ratahankkeissa
 1/1999 Ratarakenteen instrumentoinnin kirjallisuustutkimus, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot
 2/1999 Rautatieliikenteen polttoaineperäisten päästöjen aiheuttamat ympäristökustannukset
 3/1999 Rautatieliikenteen aiheuttama ääni, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot
 4/1999 Ratarakenteen instrumentointi- ja mallinnussuunnitelma, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot
 5/1999 Rautatietärinän mittauskäytäntö Pohjoismaissa
 6/1999 Radan tukikerroksen ja alusrakenteen kirjallisuustutkimus, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot
 7/1999 Rautatiesiltojen luokittelu ja inventointi rataosuudella Rautaruukki-Haaparanta akselipainojen korottamista varten
 8/1999 Ratarumpujen maastoselvitys, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot
 1/2000 Rataverkko 2020 -ohjelman väliraportti. Kehittämismallien vaikutustarkastelut
 2/2000 Bantrummor, 250 kN och 300 kN axellaster
 3/2000 Liikkuvan kaluston kirjallisuustutkimus
 4/2000 Raidesepelin lujuuden vaikutus tukikerroksen kestoikään
 5/2000 Ratarakenteen instrumentointi ja mallinnus, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot
 6/2000 Väliraportti 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainojen ratateknisistä tutkimuksista
 7/2000 Intermediate Report, 250 kN and 300 kN axle loads
 8/2000 Ratatekniset määräykset ja ohjeet -julkaisun käytettävyydestä
 9/2000 Ratakapasiteetin perusteet
 10/2000 Instrumentation and Modelling of Track Structure, 250 kN and 300 axle loads
 11/2000 Rautatieonnettomuuksien sisäiset ja ulkoiset kustannukset
 12/2000 Internal and External Costs of Railway Accidents
 1/2001 Rataverkko 2020 -suunnitelma
 2/2001 XPS-routaeristelevyt ratarakenteessa, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot
 3/2001 Raidetutkimus, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot
 4/2001 Radan kunnossapitokustannusten kirjallisuustutkimus,
 5/2001 Loppuraportti 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainojen teknisistä tutkimuksista
 6/2001 Final Report 250 kN and 300 kN axle loads
 7/2001 Rautateiden maanvaraiset pylväspäruukset. Koekuormitusraportti
 8/2001 Ratarumpututkimus. Instrumentointi ja mittaukset
 9/2001 Verkkoaikataulu junaliikenteen ja rautatieinfrastruktuurin kehittämisessä
 10/2001 Työnaikaisten ratakaivantojen tukeminen
 11/2001 Pääkaupunkiseudun rautateiden meluntorjuntaohjelma vuosille 2001 - 2020

RATAHALLINTOKESKUS
 KAIVOKATU 6, PL 185
 00101 HELSINKI

TURVALLISUUSYKSIKKÖ

Lisätietoja: Kari Alppivuori, puh. (09) 5840 5150, sähköposti: kari.alppivuori@rhk.fi
 Jakelu: Arja Aalto, puh. (09) 5840 5121, sähköposti: arja.aalto@rhk.fi

ISBN 952-445-061-5
 ISSN 1455-2604